

Antti Kalliainen  
Pirjo Kuula

## Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviainestutkimus





Antti Kalliainen, Pirjo Kuula

# Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviainestutkimus

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2016

Liikennevirasto  
Helsinki 2016

*Kannen kuva: Antti Kalliainen*

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-244-9

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

**Antti Kalliainen ja Pirjo Kuula: Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviainestutkimus.** Liikennevirasto, tekniikka ja ympäristö -osasto. Helsinki 2016. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2016. 76 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664), ISBN 978-952-317-244-9.

**Avainsanat:** kiviaines, rakeisuus, lujuus, näytteenotto, CE-merkintä

## Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tie- ja ratarakenteissa sekä sorateiden kunnossapidossa käytettävien kiviainesten ominaisuuksia. Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena oli myös muodostaa käsitys nykyisin käytössä olevien laatuvaatimusten ja rakentamisessa käytettävien kiviainesmateriaalien ominaisuuksien vastaavuudesta. Lisäksi selvitettiin urakoiden sisäisen laadunvalvonnan vastaavuus voimassaoleviin laatuvaatimuksiin hankekohtaisesti käytettävissä olevien laatudokumenttien avulla. Tutkimukseen on valikoitu aikataulullisesti tutkimuksen ajankohtaan sopivia hankkeita laajasti siten, että erilaisissa rakennekerroksissa käytettäviä kiviaineita kuuluu tutkimuksen piiriin mahdollisimman kattavasti. Valitut hankkeet on myös pyritty valitsemaan valtakunnallisesti siten, että tutkimuksesta saatiin myös alueellisesti mahdollisimman kattava.

Näytteitä on otettu vuosina 2014 ja 2015 yhteensä 23 hankkeen tai alueurakan alueelta. Eri materiaaleista on testattu laatuvaatimuksissa esitettyjä ominaisuuksia. Näytteitä on otettu aina vähintään kolme, useimmissa tapauksissa neljä rinnakkaisnäytettä, jotta on saatu suhteellisen hyvä käsitys käytetyn kiviaineksen laadusta.

Tulosten perusteella hankkeissa käytettävien kiviainesten laadussa oli melko paljon puutteita. Suurimpina yksittäisinä havaintoina olivat sorateiden kulutuskerrosmurskeiden säännönmukaiset laatuvaatimukset hienoaineksen määrän osalta sekä puutteellisesti ja virheellisesti ilmoitetut arvot rakennustuoteasetuksen mukaisissa dokumenteissa. Valtaosassa dokumentteja oli pieniä puutteita, mutta osassa hankkeista laatuvaatimukset puuttuivat kokonaan. Tutkimustulosten perusteella on päivitetty voimassa olevia laatuvaatimuksia sekä ryhdytty toimenpiteisiin kiviaineksen laadun parantamiseksi etenkin siten, että eri rakennekerroksissa käytettäisiin ominaisuuksiltaan soveltuvia tuotteita.

**Antti Kalliainen och Pirjo Kuula: Riksomfattande undersökning om stenmaterial i trafikledskonstruktioner.** Trafikverket, teknik och miljö. Helsingfors 2016. Trafikverkets undersökningar och utredningar 18/2016. 76 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-244-9.

## Sammanfattning

Syftet med undersökningen var att ta reda på egenskaperna hos stenmaterial som används i väg- och bankonstruktioner samt i drift och underhåll av grusvägar. Det centrala målet var att få en uppfattning om korrelationen mellan de kvalitetskrav som gäller i detta nu och egenskaperna hos de stenmaterial som används inom byggandet. Dessutom undersökte man korrelationen mellan entreprenadernas interna kvalitetskontroll och de gällande kvalitetskraven med hjälp av kvalitetsdokument som finns att tillgå projektvis. Till undersökningen valdes projekt som tidsmässigt passade ihop med undersökningen och med en omfattande spridning, så att undersökningen så helhetsäckande som möjligt omfattar stenmaterial som används i olika konstruktionslager. Man strävade också efter att välja projekten så att de representerade hela landet så bra som möjligt.

Prover togs under 2014 och 2015 från sammanlagt 23 projekt eller områdesentreprenader. De olika materialen testades för egenskaper som nämns i kvalitetskraven. Man tog alltid minst tre, i de flesta fall till och med fyra parallella prover för att få en relativt bra bild av kvaliteten hos det använda stenmaterialet.

Resultaten visade att det finns ganska många brister i kvaliteten hos de använda stenmaterialen. De största enskilda observationerna var att kvalitetskraven för finmaterialet som används i grusvägars konstruktionslager underskreds regelbundet för mängdens del, och att värdena i dokumenten enligt förordningen om byggprodukter meddelas bristfälligt och felaktigt. Det finns små brister i största delen av dokumenten, men i en del av projekten saknades kvalitetsdokumenten helt. Man har på basis av undersökningsresultaten uppdaterat de gällande kvalitetskraven och börjat vidta åtgärder för att förbättra kvaliteten hos stenmaterialet, framför allt så att man i de olika konstruktionslagren använder produkter som är lämpliga för egenskapernas del.

**Antti Kalliainen and Pirjo Kuula: Study on quality properties of aggregate materials used in road and railway structures.** Finnish Transport Agency, Technology and Environment. Helsinki 2016. Research reports of the Finnish Transport Agency 18/2016. 76 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664), ISBN 978-952-317-244-9.

## Summary

The aim of this study was to search the properties of aggregate materials used in both construction and maintenance of road and railway structures. One of the main objectives was to gain information to compare the actual quality of aggregate materials and existing operational quality standards. The results of performed tests were also compared with certificates referring to tested materials.

The projects included in this study have been selected on the basis of timelines of this project and simultaneously ongoing constructions sites. The sites have been selected in a broad sense to cover the different structural layers as widely as possible. The sites have also been selected to cover the whole country regionally if possible. Within different regions the selections between similar projects has been made randomly.

Sampling has been done during 2014 and 2015. Total amount of different construction and maintenance projects in this study was 23. The quality properties presented in quality requirements have been tested referring to the use of aggregates used in different structural layers. Sampling has consisted of three parallel samples in minimum. In most tests the number of parallel samples has been four.

The results gathered clearly indicated two significant findings. The first major outcome of the project was the lack of fines content currently used in gravel road surfacing aggregates. The second significant outcome relates to CE-certification of all aggregate materials. In the majority of the projects studied, the documents had some small shortcomings but in some of the projects the quality documents were totally missing. On the basis of the results the current quality requirements have been updated. On the other hand, the quality of aggregate materials depends on the use of materials and it should always be carefully evaluated that aggregate material planned to use in the project fulfill the quality requirements.

## Esipuhe

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää väylärakenteissa käytettäville kiviaineiksille asetettujen laatuvaatimusten täyttymistä erityyppisillä hankkeilla pistokoe-maisesti tehdyn näytteenoton avulla. Saatuja tutkimustuloksia on käytetty mm. nykyisten laatuvaatimusten kehittämiseen. Tutkimuksen on toteuttanut Ramboll Finland Oy yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa. Raportin ovat laatineet DI Antti Kalliainen (Ramboll) ja DI Pirjo Kuula (TTY). Tutkimuksen ohjausryhmään ovat lisäksi kuuluneet:

Kari Lehtonen	Liikennevirasto
Laura Pennanen	Liikennevirasto
Heikki Lappalainen	Liikennevirasto
Erkki Mäkelä	Liikennevirasto
Katri Eskola	Liikennevirasto
Veli-Matti Uotinen	Liikennevirasto
Pentti Häkkinen	Ramboll Finland Oy
Minna Leppänen	Ramboll Finland Oy

Lisäksi näytteenottotöissä ovat avustaneet FM Jaana Sunell ja ins. Tatu Hoikkala Ramboll Finland Oy:stä.

Helsingissä maaliskuussa 2016

Liikennevirasto  
Tekniikka ja ympäristö -osasto



# Sisällysluettelo

1	JOHDANTO .....	9
2	TUTKIMUSOHJELMA .....	11
2.1	Tutkitut materiaalit ja testausmenetelmät .....	11
2.2	Näytteenotto .....	12
2.2.1	Kasalta otetut näytteet .....	13
2.2.2	Rakenteesta otettavat näytteet .....	15
2.2.3	Kiviaineksen lujuustestit .....	17
3	SORATIEN KULUTUSKERROSMURSKEET .....	18
3.1	Alueurakka 1 .....	19
3.2	Alueurakka 2 .....	20
3.3	Alueurakka 3 .....	21
3.4	Alueurakka 4 .....	23
3.5	Alueurakka 5 .....	24
3.6	Alueurakka 6 .....	26
3.7	Alueurakka 7 .....	26
3.8	Alueurakka 8 .....	28
3.9	Alueurakka 9 .....	29
3.10	Sorakulutuskerosmateriaalien yhteenveto .....	30
4	KANTAVAN KERROKSEN MURSKEET .....	34
4.1	Kohde K1 .....	34
4.2	Kohde K2 .....	36
4.3	Kohde K3 .....	39
4.4	Kohde K4 .....	41
4.5	Kohde K5 .....	43
4.6	Kohde K6 .....	46
4.7	Kantavan kerroksen murskeiden yhteenveto .....	48
5	PÄÄLLYSTEKIVIAINEKSET .....	50
5.1	Kohde P1 .....	50
5.2	Kohde P2 .....	51
5.3	Kohde P3 .....	52
5.4	Kohde P4 .....	53
5.5	Kohde P5 .....	54
5.6	Päällystekiviainesten yhteenveto .....	55
6	RATARAKENTEISSA KÄYTETTÄVIEN MATERIAALIEN TUTKIMUSTULOKSET .....	57
6.1	Eristys- ja välikerroksen kalliomurske .....	57
6.1.1	Kohde A .....	57
6.1.2	Kohde B .....	58
6.1.3	Kohde C .....	60
6.2	Alusrakennekerroksissa käytetyt luonnonmateriaalit .....	61
6.2.1	Kohde D .....	61
6.2.2	Kohde E .....	64
6.2.3	Kohde F .....	65
6.3	Radan alusrakennekerroksissa käytettävien materiaalien yhteenveto .....	69

7	YHTEENVETO .....	70
7.1	Soratien kulutuskerrosmateriaalit.....	71
7.2	Kantavan kerroksen materiaalit .....	73
7.3	Päällystekiviaineet.....	74
7.4	Radan alusrakennemateriaalien yhteenveto .....	74
	LÄHTEET .....	76

# 1 Johdanto

Tutkimuksen tavoitteena on

1. Saada yleiskuva siitä missä rakennekerroksissa on mahdollisesti laatu-  
poikkeamia; onko alueellisia eroja; onko poikkeamia myös CE-merkityissä  
materiaaleissa.
2. Arvioida aikaisemmin tehtyjen vaurioitumismallien perusteella laatu-  
poikkeamien vaikutusta rakenteiden ominaisuuksiin ja käyttöikään sekä arvioida  
nykyisten laatuvaatimusten selkeyttä.
3. Arvioida urakoitsijoiden ja tilaajien nykyisiä laadunhallintakäytäntöjä ja niitä  
koskevia ohjeita.
4. Arvioida näytteenotto- ja testausmenetelmiä ja niiden esitystavan selkeyttä.
5. Tehdä ehdotuksia laatuvaatimusten ja käytäntöjen kehittämiseksi.

Tähän raporttiin on koottu vuosina 2014 ja 2015 tutkitut materiaalit, jotka otettiin tien  
sorakulutuskerroksen, kantavan kerroksen, suodatinkerroksen, päällystekerroksen ja  
radan väli- tai eristyskerroksen materiaaleista.

Tässä raportissa tulokset on esitetty niin, että muut kuin asianosainen tilaaja, ura-  
koitsija ja mahdollinen materiaalitoimittaja eivät pysty helposti tunnistamaan koh-  
detta. Tässä muodossa otteita raportista on käytetty vaatimusten kehittämiseen myös  
Maanteiden hoidon ELY/LiVi-verkostossa sorakulutuskerrosmaateriaalin osalta ja Inf-  
raRYL:n Kiviainesluvut -toimikunnassa. Lisäksi tutkimuksen yhteydessä on otettu ja  
tutkittu näytteitä myös suodatinkankaista. Niiden osalta tulokset raportoidaan toi-  
saalla.

Koska tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli saada kattava kuva kiviainesten laadusta ja  
rakentamisen yhteydessä tehtävien laadunvarmistusten tasosta, on tietoa kerätty  
väylärakentamiseen liittyvän toimintakentän eri tasoilta. Tierakenteiden osalta toi-  
minta on jaoteltu neljään osaan:

- Liikenneviraston toteuttamissa hankkeissa käytettävät kiviainesmateriaalit
- ELY-keskusten toteuttamissa hankkeissa käytettävät kiviainesmateriaalit
- Kunnossapidon alueurakoihin sisällytetyissä toimenpiteissä käytettävät kivi-  
ainesmateriaalit
- Kiviainestoimittajien tarjoamat materiaalit

Tutkimukseen kuuluu työmaalta rakenteesta otettavia näytteitä sekä urakoitsijoiden  
ja kiviainestoimittajien kiviainesten ottopaikalta kasalta otettavia näytteitä. Näyttei-  
den tasalaatuisuuden ja keskinäisen vertailtavuuden varmistamiseksi näytteenotto on  
tehty keskitetysti. Hankkeiden keskinäinen vertailtavuus on ensiarvoisen tärkeää, kun  
halutaan muodostaa yleiskäsitys siitä, kuinka hyvin hankkeiden sisäinen laadun-  
valvonta toimii. Mikäli näytteenottoa ei tehdä keskitetysti, on olemassa riski, että  
näytteiden laatu vaihtelee ja kiviaineksen laadun vaihtelun asemesta tutkitaan näyt-  
teenottotavan vaihtelevuutta. Vastaavasti myös kaikki laboratoriomääritykset on teh-  
ty samassa laboratoriossa, jotta voidaan varmistua tulosten keskinäisestä vertailta-  
vuudesta.

Keskenään mahdollisimman hyvin vertailtavat testaustulokset yhdistämällä on mahdollista tehdä tarkempaa analyysiä eri materiaalien ominaisuuksista. Näytemäärän ollessa riittävä on myös mahdollista arvioida nykyisten rakenneosakohtaisten laatuvaatimusten asianmukaisuutta suhteessa keskimäärin käytössä oleviin materiaaleihin. Tutkimuksessa tehdyn analyysin keskeisenä tavoitteena on ollut laatuvaatimusten oikeellisuuden arviointi ja tarvittaessa laatuvaatimusten päivittäminen. Vaikka tutkimuksessa on otettu näytteitä pistokoemaisesti, ei ensisijaisena tavoitteena ole ollut yksittäisten hankkeiden yksittäisten laatuvaatimusten selvittäminen, vaan projektin on tarkoitus olla ensisijaisesti laaja-alainen katsaus väylärakentamisessa käytettävien kiviainesten laadun ja laadunhallinnan tilaan. Lisäksi tavoitteena on kehittää rakentamiseen liittyviä laatuvaatimuksia siten, että kiviainesten laatu voidaan varmistaa ja dokumentoida tehokkaasti toiminnan eri tasoilla.

Lukuun 2 on koottu lyhyesti tutkimukseen kuuluvat rakennekerrokset ja rakenneosakohtaisesti materiaalityypeittäin otetut näytemäärät. Luvussa kuvataan myös tutkimuksessa käytetty näytteenottomenettely sekä rakenneosakohtaisesti tehdyt laboratoriomääritykset. Luvuissa 3–6 esitellään tulokset rakenneosakohtaisesti. Jokaisen luvun lopussa on esitetty testaustulosten perusteella tehdyt keskeisimmät päätelmät ja toimenpidesuosituksien.

## 2 Tutkimusohjelma

### 2.1 Tutkitut materiaalit ja testausmenetelmät

Tutkimuksia on tehty vuosina 2014 ja 2015. Tutkimukseen on kuulunut vuonna 2014 yhteensä 11 hanketta, joista 10 oli tiehankkeita ja yksi ratahanke. Neljässä tiehankkeessa tutkittiin tien kantavan kerroksen materiaaleja ottamalla näytteitä sekä valmiista, tiivistetystä rakenteesta, että materiaalitoimittajan kasalta. Päällystekiviaineita on haettu neljän hankkeen alueelta ja soratien kulutuskerrosmateriaaleja kolmesta kunnossapidon alueurakasta. Vuonna 2015 tutkimukseen valikoitui kahdeksan tiehanketta ja viisi ratahanketta. Tiehankkeiden osalta tehtiin vuoden 2014 tulosten perusteella painopistevalintoja ja tutkimukseen valikoitui kaksi hanketta, joilla testattiin kantavan kerroksen murskeita ja kuusi kunnossapidon alueurakka, joilta tutkittiin sorastusmurskeita. Ratahankkeista tutkittiin alusrakennekerrosten materiaaleja.

Tutkitut näytemäärät on esitetty taulukossa 1. Tutkittavia rakennekerroksia ovat:

- suodatinkerros
- kantava kerros
- päällystekerrokset
- soratien kulutuskerros
- radan alusrakennekerrokset

Tutkimukseen saatiin valikoitua haluttu määrä näytteitä lukuun ottamatta suodatinkerroksen materiaaleja, koska suodatinkerroksesta haluttiin tutkia hiekkvoja, mutta tutkimukseen valikoituneilla hankkeilla hiekkvaa saatiin vain yhdeltä hankkeelta.

Tutkimuksessa otettu näytemäärä on ollut pääsääntöisesti 4 rinnakkaisnäytettä jokaista testausmenetelmää kohden. Jos esimerkiksi tien kantavasta kerroksesta on otettu näytteet, on otettu 4 näytettä, joista on määritetty rakeisuus, litteysluku, kiintotiheys ja vedenimeytyminen. Lisäksi on otettu erikseen 4 iskunkestävyysnäytettä. Mikäli normaaleista näytemääristä on poikettu, siitä on ilmoitettu erikseen luvuissa 3–6 materiaaliakohtaisesti.

Taulukko 1. Tutkitut näytemäärät.

Rakenne	Rakeisuus	Hienoaines-pitoisuus	Vedenimeytyminen ja kiintotiheys	Litteysluku	Los Angeles-koe	micro-Deval	Kuulamyly
Suodatinkerros	4	-	-	-	-	-	-
Kantava kerros	44	36*)	44	44	44	4	-
Päällystekerros	20	-	-	20	-	-	10
Soratien kulutuserros	80	-	-	-	2	-	-
Radan alusrakennekerrokset	33	24**)	15	-	13	6	-

\*) Kantavasta kerroksesta otetut erilliset hienoainesnäytteet eivät täyttäneet näytteenotto- tai seulonta-standardissa ilmoitettuja minimimääriä, joten näistä näytteistä ei ole määritetty rakeisuutta vaan pelkkä hienoainespitoisuus. Radan alusrakennekerroksista on otettu hienoainesnäytteitä vanhan radan rakenteista, koska kohteissa on pyritty määrittämään materiaalin routivuutta. Myöskään näiden näytteiden määrät eivät kaikilta osin täyttäneet em. standardien vaatimuksia, mutta näille näytteille on hienoainespitoisuuden lisäksi määritetty viitteellinen rakeisuus.

\*\*) Radan alusrakennekerroksista on otettu hienoainesnäytteitä vanhan radan rakenteista, koska kohteissa on pyritty määrittämään materiaalin routivuutta. Myöskään näiden näytteiden määrät eivät kaikilta osin täyttäneet em. standardien vaatimuksia, mutta näille näytteille on hienoainespitoisuuden lisäksi määritetty viitteellinen rakeisuus.

Taulukossa 2 on esitetty näytteille tehdyt laboratoriotestaukset ja niissä noudatetut standardit.

Taulukko 2. Tutkimuksessa testatut ominaisuudet ja testauksissa noudatetut standardit.

Ominaisuus	Testausmenetelmä	Standardi
Rakeisuus ja hienoainespitoisuus	Pesuseulonta	SFS-EN 933-1
Kiintotiheys	Pyknometri	SFS-EN 1097-6
Vedenimeytyminen		
Rakeiden muoto	Litteysluku	SFS-EN 933-3
	Muotoarvo	SFS-EN 933-4
Iskunkestävyys	Los Angeles-testi	SFS-EN 1097-2
Hiovan kulutuksen kestävyys	Micro-Deval-testi	SFS-EN 1097-1
Nastarengas-kulutuskkestävyys	Kuulamyly	SFS-EN 1097-9

## 2.2 Näytteenotto

Tutkimuksesta ja sen tarkoituksesta on informoitu urakoitsijoita etukäteen ja sovittu urakoitsijan osallistumisesta näytteenottoon. Urakoitsija on itse saanut valita, haluaako osallistua näytteenottoon. Näytteenotto on pyritty tekemään siten, että otettu näyte edustaa kohteen keskimääräistä materiaalia. Erityistapauksissa on kuitenkin voitu ottaa myös silmämääräisesti havaittua laatu poikkeamaa edustavia näytteitä. Näytteenotto on tehty seuraavissa kappaleissa esitettyjen kuvausten mukaisesti.

Rakeisuus- ja litteyslukumääritykseen tarvittava testinäytteen koko määräytyy standardin SFS-EN-933-1 mukaisesti ja perustuu tutkittavan näytteen maksimiraekokoon taulukossa 3 esitetyn mukaisesti, jolloin otettu rakeisuusnäyte vastaa taulukossa 3 esitettyjä näytemääriä, mikäli toisin ei ilmoiteta.

*Taulukko 3. Standardissa SFS-EN 933-1 vaaditut testinäytteen minimimassat.*

Maksimiraekoko (mm)	Testinäyte (kg)
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

### 2.2.1 Kasalta otetut näytteet

Näytekasasta otetaan kauhakuormaajalla kauhallinen tutkittavaa materiaalia. Materiaali levitetään kauhasta tasaiseksi kerrokseksi. Levityksen jälkeen kerroksesta määritetään silmämääräisesti alue, joka vastaa tutkittavaa materiaalia keskimäärin ja tästä kohdasta otetaan tarvittava määrä näytettä tutkimuksia varten siten, että otettava näytemäärä täyttää näytteenottostandardin (SFS-EN 932-1) mukaisen näytemäärän (kuva 1). Rakeisuusnäytteet on jaettu näytteenottostandardin mukaisesti neliöimällä siten, että laboratorioon toimitettu osanäyte täyttää seulontastandardin (SFS-EN 933-1) vaatimukset (kuvat 2 ja 3).



*Kuva 1. Kauhakuormaajalla tasaiseksi matoksi levitettyä materiaalia, josta on otettu näytteitä satunnaisista paikoista.*



*Kuva 2. Levitetystä materiaalista otettu näytteenottostandardin (SFS-EN 932-1) mukainen näyte.*





Kuva 3. Näytteen jakaminen neliöimällä.

### 2.2.2 Rakenteesta otettavat näytteet

Näytteet on otettu kaivamalla lapiolla koekuoppa (kuva 4). Näytettä otetaan yhdestä kohdasta tutkimuksia varten riittävä määrä. Otettava näytemäärä täyttää näytteenottostandardin (SFS-EN 932-1) mukaisen näytemäärän. Rakeisuusnäytteet on jaettu näytteenottostandardin mukaisesti neliöimällä siten, että laboratorioon toimitettu osanäyte täyttää seulontastandardin (SFS-EN 933-1) vaatimukset.

Tien kantavan kerroksen rakeisuusnäytteenotossa on kokeiltu useita erilaisia menetelmiä.

- Valmiista rakenteesta otetaan näytteitä siten, että näyte edustaa InfraRYL:ssä määritettyä 100 mm kerrospaksuutta.
- Valmiista rakenteesta otetaan valikoiduilla hankkeilla näytteitä myös siten, että näyte edustaa koko kantavan kerroksen paksuutta InfraRYL:ssä määritellyn 100 mm kerrospaksuuden asemesta.
- Ensimmäisten tutkimustulosten perusteella päätettiin, että osassa hankkeita kantavan kerroksen näytteitä otetaan 150 mm kerrospaksuudelta.

Lisäksi on otettu näytteitä, joista on määritetty pelkkä hienoainespitoisuus, jolloin otettu näytemäärä ei välttämättä täytä näytteenottostandardin (SFS-EN 932-1) tai seulontastandardin (SFS-EN 933-1) vaatimuksia.



Kuva 4. Tien kantavaan kerrokseen kaivettu koekuoppa. Koekuopan halkaisija on noin 700–750 mm ja syvyys 150 mm.

Radan alusrakennekerroksista otettavissa näytteissä on testattu InfraRYL:iin ehdotettua näytteenottomenetelmää. Menetelmän mukaan näytteet tulisi ottaa koekuoppamenetelmällä siten, että näyte edustaa vähintään 75 % tiivistetyn kerroksen paksuudesta. Kaikki tässä tutkimuksessa rakenteesta otetut näytteet on otettu tiivistetyn välikerroksen (tiivistetty kerrospaksuus 300 mm) päältä, joten näytteitä on otettu noin 250 mm syvyyteen asti.

### **2.2.3 Kiviaineksen lujuustestit**

Kiviaineksen lujuustestejä varten näytteenottokohteessa on seulottu talteen lajitetta 8/16 mm kunkin testausmenetelmän vaatimusten mukainen määrä. Käytännössä esimerkiksi Los Angeles -testiä varten on seulottu noin 25 kg lajitetta, koska varsinkin karkeiden murskeiden (maksimiraekoko yli 45 mm) tapauksessa käsin seulomalla tulee työmaaolosuhteissa mukaan jonkin verran epäpuhtauksia.

Mikäli yllä kuvatussa näytteenottomenetelmästä on poikettu, asia on kerrottu aina erikseen luvuissa 3–6.

### 3 Soratien kulutuskerrosmurskeet

Soratien kulutuskerrosmurskeita on verrattu kahteen ohjeessa "Sorateiden kunnossapito" (Liikennevirasto 2014) esitettyyn vaatimukseen.

1. Sorastusmurskeen vaatimuksena on materiaali, jonka hienoainespitoisuus vähintään 8 ja enintään 15 prosenttia, minkä lisäksi yksittäisen näytteen on täytettävä kuvassa 5 mustalla esitetty vaatimus, ja rakeisuusnäytteiden keskiarvon on täytettävä kuvassa 5 mustilla katkoviivoilla esitetty rakeisuusjakauma.
2. Kelirikkomurskeen vaatimuksena on materiaali, jonka hienoainespitoisuus vähintään 3 ja enintään 8 prosenttia, minkä lisäksi rakeisuusnäytteiden keskiarvon on täytettävä kuvassa 5 harmailla viivoilla esitetty rakeisuusjakauma. Kelirikkomursketta saa käyttää vain erikseen todettujen pintakelirikosta kärsivien tieosuuksien sorastuksiin.

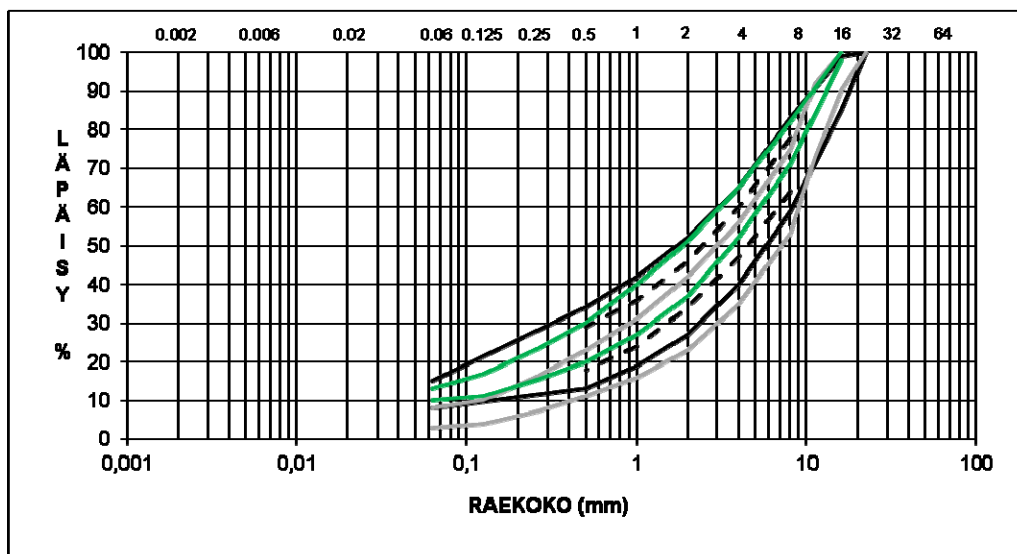
Vaikka sorateiden kunnossapito-ohje on tullut noudatettavaksi ohjeeksi vasta vuonna 2015 kilpailutetuissa urakoissa, on sitä käytetty tämän tutkimuksen vertailukohtana kaikissa urakoissa, koska vanhan ohjeen mukainen rakeisuusalue on vielä tarkemmin määritelty, eli jos otettu näyte ei täytä Soratien kunnossapito-ohjeen (2014) vaatimuksia, ei se myöskään täytä ohjeessa "Sorateiden hoito ja kunnostus" (Tielaitos, 1995) esitettyä, pelkästään sora- tai kalliomurskeesta tehtävän kulutuskerroksen vaatimusta (esitetty kuvassa 5 vihreillä viivoilla).

Soratien hoito ja kunnostusohjeessa (1995) on esitetty myös muita rakeisuusalueita erityyppisille materiaaleille (esimerkiksi moreenimurske tai savisora), joiden ohjeellinen rakeisuusalue on jokseenkin samankaltainen kuin Sorateiden kunnossapito-ohjeessa (2014) esitetty sorastusmurskeen rakeisuusalue, mutta tämän tutkimuksen vertailujen kannalta ne eivät ole relevantteja, koska tutkimuksessa on testattu materiaaleja vain kiviaineksen otto paikoilta muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

Vuonna 2014 otettujen näytteiden perusteella päätettiin myös kerätä lisätietoa käytettävistä materiaaleista, jotta saadaan kattavampaa tietoa kulutuskerrosmurskeiden materiaalivalintojen taustoista. Vuonna 2015 testatuista materiaaleista tiedusteltiin alueurakoilta seuraavia tietoja:

- sorastuskierto valikoidulta tieosalta, missä testattua materiaalia käytetään
- arvio jäljellä olevan kulutuskerroksen paksuudesta
- sorastusmäärä (tonnia/km)
- arvio kulutuskerroksen paksuudesta sorastuksen jälkeen
- tehtiinkö sorastuksen yhteydessä muita hoitotoimenpiteitä (esimerkiksi ojituksia)
- syyt, jos on päädytty käyttämään ohjeesta poikkeavaa rakeisuutta
- tienkäyttäjäpalautteet

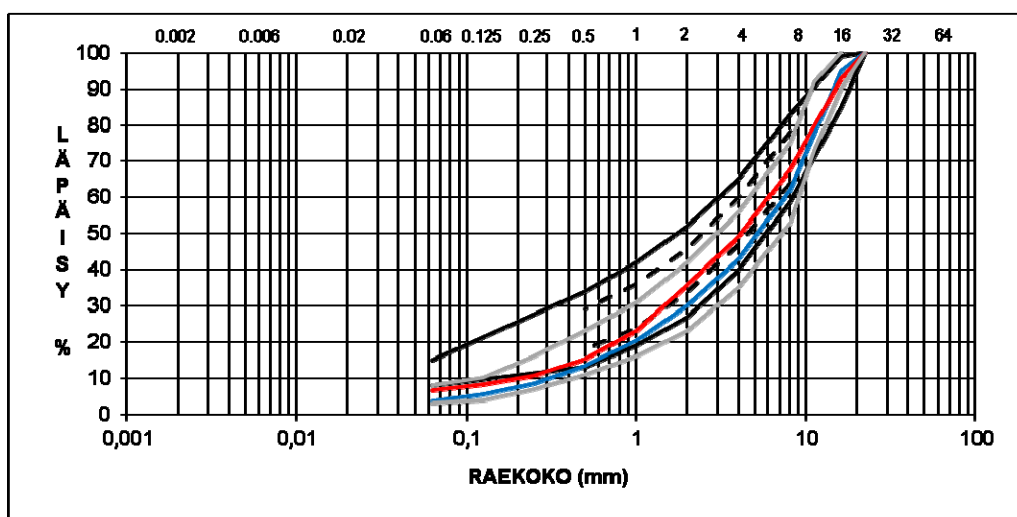
Tutkimuksen käyttöön saadut lisätiedot on esitetty alueurakoittain kappaleissa 3.4–3.9.



Kuva 5. Eri ohjeissa sorastusmurskeille esitetyt rakeisuusvaatimukset. Vihreällä värillä ohjeen Sorasteiden hoito ja kunnostus (1995) mukainen murske-soran vaatimus, mustalla ohjeen Sorasteiden kunnossapito (2014) mukainen sorastusmurskeen rakeisuusvaatimus ja harmaalla ohjeen Sorasteiden kunnossapito (2014) mukainen, kelirikkoisen tien hoidossa käytettävän murskeen vaatimus.

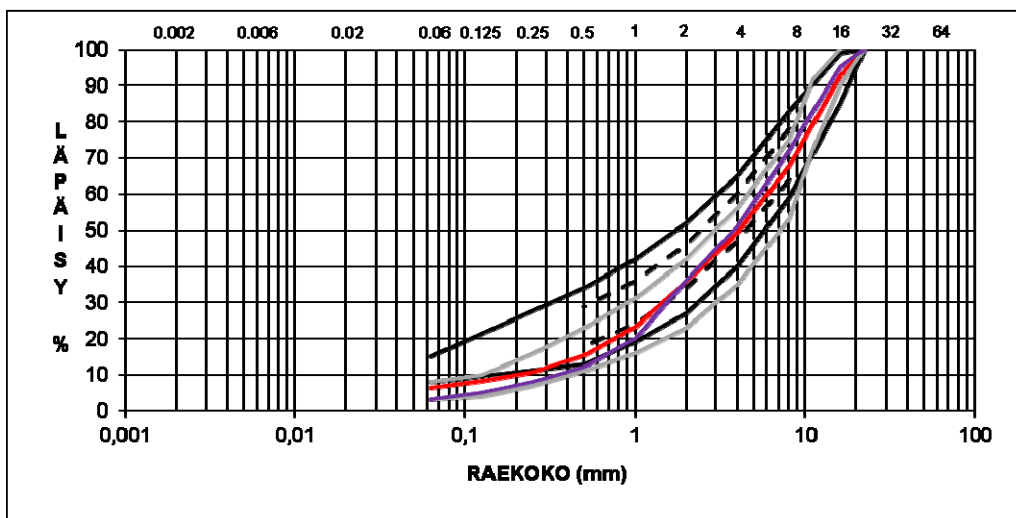
### 3.1 Alueurakka 1

Kohteessa on otettu näytteitä kahdesta kiviaineksen ottopaikasta toukokuussa 2014. Molemmilla kiviaineksen ottopaikoilla oli materiaalina SrM 0/16 mm. Kuvassa 6 on esitetty otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuusjakaumat.



Kuva 6. Alueurakan 1 kohteilta otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali 1A on esitetty punaisella ja materiaali 1B sinisellä kuvattuna.

Kumpikaan testatuista materiaaleista ei täytä soratien kulutuskerrosmurskeelle asetettua rakeisuusvaatimusta. Molemmat materiaalit kävisivät kelirikkomurskeeksi. Materiaalia 1A on käytetty sorastuksiin urakan alueella. Materiaali 1B oli määritetty käytettäväksi tarvittaessa, mutta vuonna 2014 materiaalia ei käytetty sorastuksiin. Materiaalista 1A oli lisäksi käytössä rakeisuustulos, joka oli tehty murskauksen yhteydessä. Vertailu tutkimuksessa otettujen näytteiden keskiarvon ja murskauksen yhteydessä määritetyn rakeisuuden kesken on esitetty kuvassa 7. Kuvasta voidaan havaita, että myös näytteenottajalla ja näytteenottomenetelmällä sekä näytemäärällä on merkitystä. Murskauksen aikana otetussa yksittäisessä tuloksessa on selkeä muutos käyrän kulmakertoimessa 1 mm:n läpäisyn kohdalla, joka jossain tapauksissa voi kyseenalaistaa tuloksen luotettavuuden. Kun otetaan useampi rinnakkaisnäyte, saadaan luotettavampi tulos ja eri näytteiden tuloksia vertaamalla voidaan hylätä osa näytteistä, jos on epäily, että näytteenotossa on saattanut tapahtua virheitä.

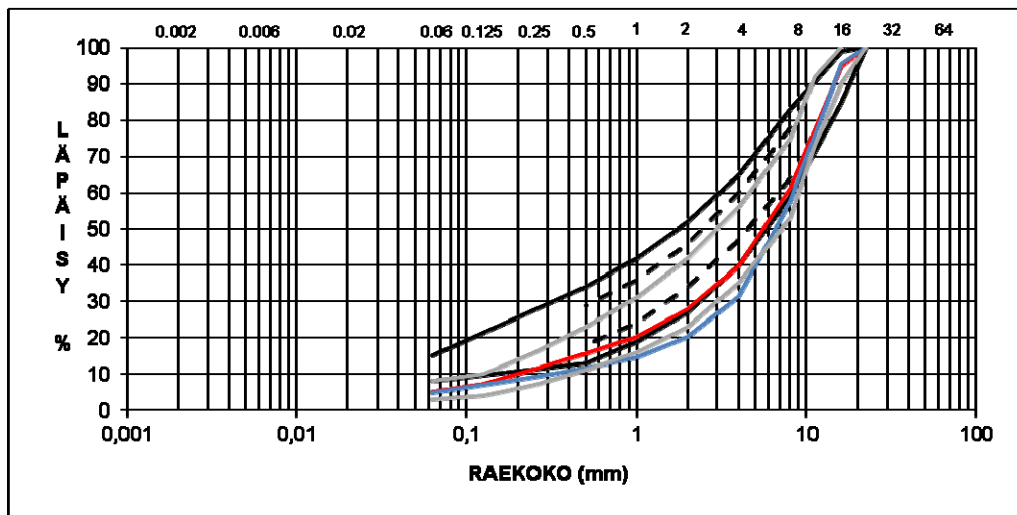


Kuva 7. Alueurakan 1 materiaalin 1A näytteiden keskimääräinen rakeisuus punaisella ja murskauksen aikana otetun rakeisuusnäytteen tulos violetilla kuvattuna.

## 3.2 Alueurakka 2

Urakan alueella on otettu näytteitä kahdelta kiviaineksen ottopaikalta toukokuussa 2014. Näytteet on otettu materiaalikasasta lapioimalla, koska kohteissa ei ollut kauhakuormaajaa näytteenottoajankohtana. Tällöin on mahdollista, että otetut näytteet eivät edusta koko murskekasaa, koska käsiteltävä materiaalmäärä on pienempi. Murskattu materiaali oli molemmilla ottopaikoilla KaM 0/16 mm. Materiaali 2A yksityisen tavarantoimittajan myymää materiaalia ja materiaali 2B paikallisen ELY-keskuksen omistuksessa olevaa ja alueurakkaan sorastuksiin tarjoamaa materiaalia. Materiaali 2B oli alun perin murskattu päällystekiviainekseksi. Kuvassa 2 on esitetty otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet.



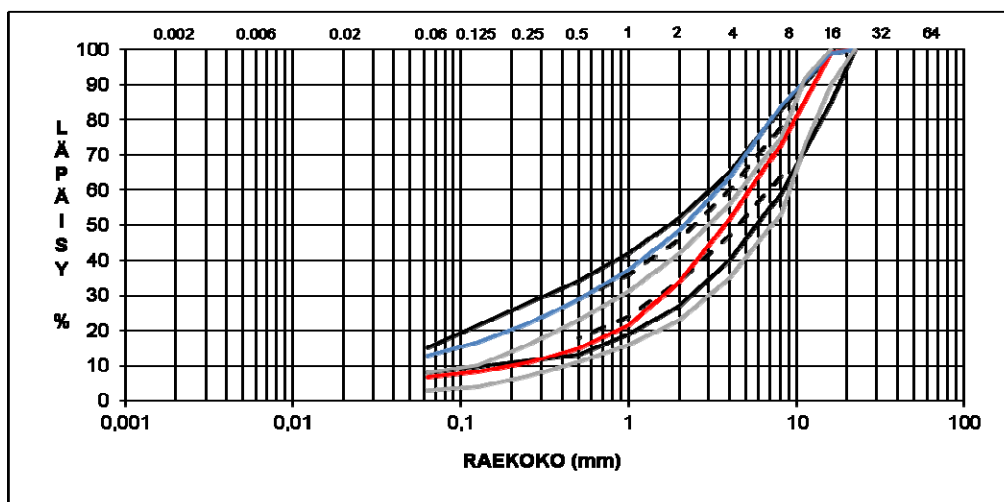


Kuva 8. Alueurakan 2 kohteilta otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali 2A on esitetty punaisella ja materiaali 2B sinisellä.

Kumpikaan testatuista materiaaleista ei täyttänyt sorastumurskeelle esitettyä rakeisuusvaatimusta, materiaali 2B ei edes kelirikkomurskeelta edellytettyä vaatimusta. Kohteesta ei myöskään saatu mitään lisätietoja materiaalivalintojen taustoista tutkimuksen käyttöön. Materiaalin 2B osalta käyttö todennäköisimmin johtuu siitä, että sitä on jäänyt yli alkuperäisestä käyttötarkoituksestaan, minkä seurauksena sitä on päätetty käyttää sorastukseen.

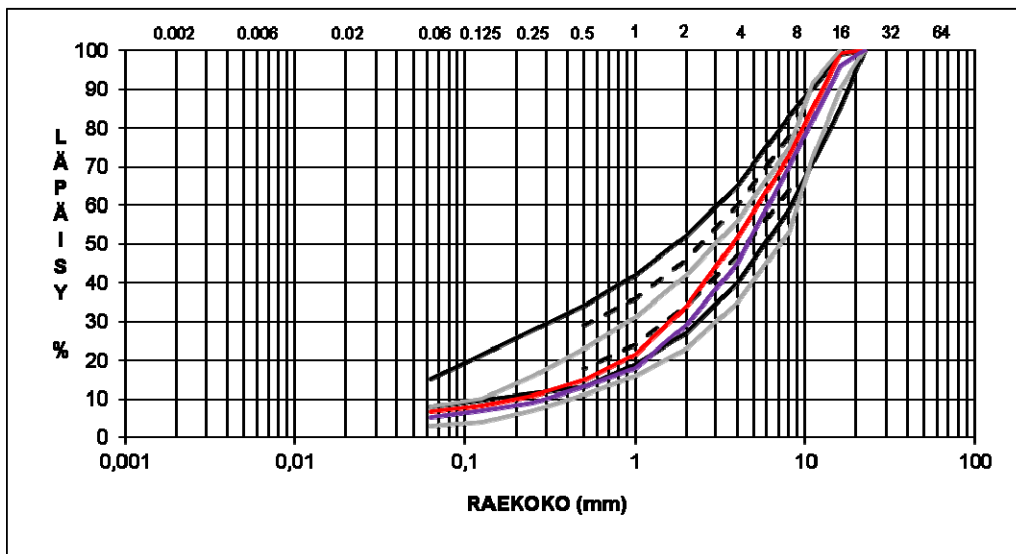
### 3.3 Alueurakka 3

Urakan alueelta on otettu näytteitä lokakuussa 2014. Näytteitä on otettu yhdeltä materiaalitoimittajan kasalta sekä soratien pintakerroksesta tieosuudelta, jolla on käytetty samaa mursketta. Kohteessa on otettu näytteitä myös tien pinnasta, koska materiaali on aiheuttanut renkaiden puhkeamisia. Materiaali on KaM o/16 mm. Jäljellä olevan kulutuskerroksen paksuus vaihteli näytteenottokohdassa 20 ja 40 mm välillä. Kuvassa 9 on esitetty otettujen näytteiden keskimääräisen rakeisuudet.



Kuva 9. Alueurakan 3 kohteilta otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Sinisellä materiaalin 3A näytteet kiviainestoimittajan kasalta, punaisella materiaalin 3A näytteet soratien kulutuskerroksesta.

Kasalta otettujen näytteiden perusteella materiaalia ei kelpaisi kulutuskerros-murskeeksi, koska alle 2 mm rakeita ja hienoainesta on liian vähän. Rakenteesta otetuissa näytteissä on riittävästi hienoainesta, mutta yli 6 mm rakeiden määrän perusteella materiaali on hienompaa verrattuna kasalta otettuihin näytteisiin. Osasyynä tähän voi olla puikkoisten rakeiden katkeilu, jolloin myös materiaalin rakeisuus muuttuu. Kuvassa 10 on esitetty materiaalitoimittajan ilmoittaman tyyppirakeisuuden ja otettujen näytteiden keskiarvon vertailu. Kiviainestoimittajan ilmoittaman tyyppirakeisuuskäyrän mukaan materiaali olisi vielä pahemmin tyyppirakeisuuskäyrää koskevan katkoviivalla merkityn ohjealueen ulkopuolella kuin tässä tutkimuksessa saatiin. Hienoainespitoisuuksissa ei ole suurta eroa.



Kuva 10. Alueurakan 3 kohteesta otettujen näytteiden ja kiviainestoimittajan ilmoittaman tyyppirakeisuuden vertailu.

Koska materiaali oli aiheuttanut renkaiden puhkeamisia, tutkittiin näytteistä myös materiaalin muotoarvo (Shape Index) standardin SFS-EN 933-4 mukaisesti. Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa. Tehtyjen määritysten perusteella kiviaineksen ottopaikalla materiaali (näytteet M1-M4) on hyvin puikkoista, SI (%) on keskimäärin 47 %. Sinänsä kulutuskerrosmurskeelle ei ole asetettu numeraalista muotoarvo-vaatimusta, vaan ohjeessa todetaan, ettei murske saa sisältää renkaita puhkovia (puikkoisia) rakeita.

Tierakenteesta otetuissa näytteissä muotoarvo oli vain neljäsosa kasalta otettuihin näytteisiin verrattuna, koska keskimääräinen SI (%) oli 9,5 %. Taulukossa 4 on esitetty tehtyjen muotoarvokokeiden tulokset. Kiviainestoimittajan ilmoittama litteysluku oli 26 (luokka  $Fl_{30}$ ), joten litteysluvun perusteella ei voida suoraan sanoa, onko materiaalissa niin teräviä rakeita, että ne puhkovat renkaita. Yleisesti voidaan todeta, että litteysluvultaan erittäin hyvien kiviainesten litteysluku on alle 10 % ( $Fl_{10}$ ), mutta esimerkiksi päällysteissä käytettävien kiviainesten litteyslukuvaatimus vaihtelee välillä  $Fl_{10}$ ... $Fl_{35}$  riippuen käytettävästä päällysteestä ja liikennemäärästä.



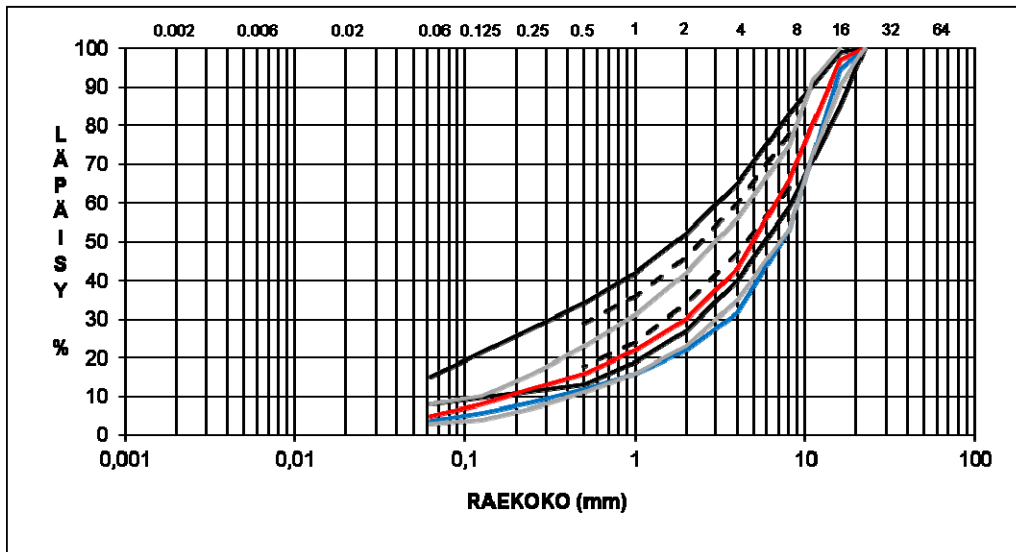
Näytteenoton yhteydessä otettiin myös talteen 8/16 mm lajitetta sekä kasalta että rakenteesta materiaalin iskunkestävyyden määrittämiseksi. Kiviainestoimittajan kasalta otetun näytteen Los Angeles -luku oli 13 ja rakenteesta otetun näytteen 12. Tällä osaltaan voidaan varmistaa, että haluttua materiaali todella oli kulutuskerroksena näytteenottopaikalla. Toisaalta voidaan myös todeta, että murskeessa käytetty kiviaines on erittäin lujaa (esimerkiksi tien kantavan kerroksen murskeen tulee olla Los Angeles -luvultaan 30 tai alle), mikä saattaa osaltaan olla syynä hyvin puikkoiseen murskeeseen.

*Taulukko 4. Muotoarvokokeiden tulokset, näytteet M1-M4 on otettu tuotantopaikalta ja näytteet M5-M8 tierakenteesta.*

Näyte	Muotoarvo (SI)
M1	44
M2	47
M3	45
M4	50
M5	4
M6	8
M7	14
M8	12

### 3.4 Alueurakka 4

Alueurakan alueelta on haettu näytteitä kesäkuussa 2015. Aluevastaava toimitti etukäteen seulontatuloksia tai materiaalin suoritustasoilmoituksia viideltä kiviaineksen ottopaikalta. Ennalta toimitettujen rakeisuustulosten perusteella yksikään näistä murskeista ei täyttänyt sorastusmurskeen rakeisuusvaatimusta. Urakan alueelta valittiin kaksi kiviaineksen ottopaikkaa, joilta haettiin näytteitä. Molemmat materiaalit olivat KaM 0/16 mm. Otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet on esitetty kuvassa 11. Materiaalista 4A oli toimitettu etukäteen kaksi rakeisuustulosta, mutta ne poikkesivat toisistaan niin paljon, että vertailukäyrien esittäminen on epävarmaa. Saadut tutkimustulokset olivat kuitenkin näiden kahden tuloksen välimaastossa. Materiaalista 4B oli toimitettu suoritustasoilmoitus, joka näytti tulosten perusteella pitkävän paikkansa.

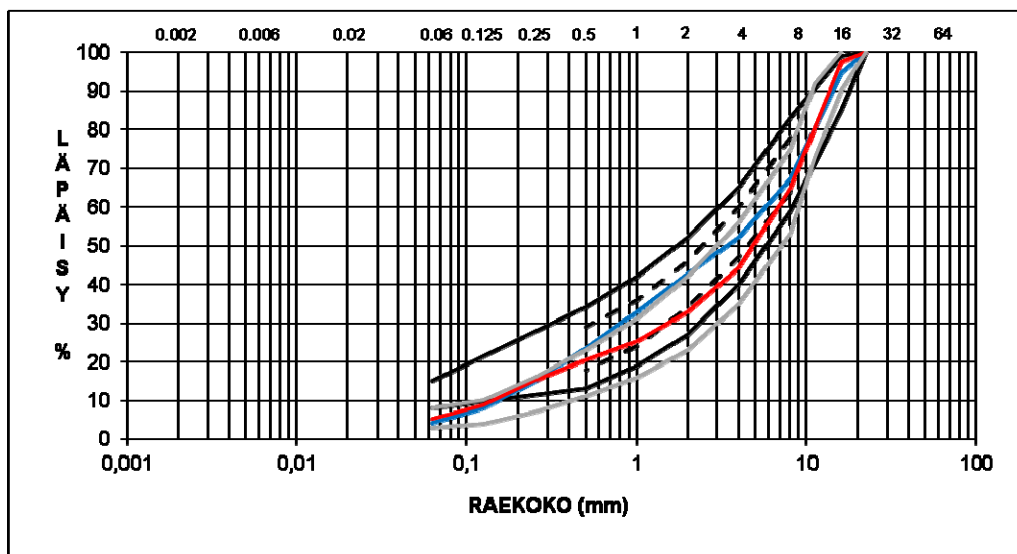


Kuva 11. Alueuran 4 kohteilta haettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali 4A on merkitty punaisella ja materiaali 4B sinisellä.

Materiaali 4A:ssa on liian vähän hienoainesta sorastusmurskeeksi, mutta kelpaa keli-rikkomurskeeksi. Materiaali 4B oli jopa keli-rikkomurskeeksi lähes kauttaaltaan hieman liian karkeaa. Materiaalia 4B on käytetty III-luokan soratien sorastukseen keväällä 2015, koska tien pinta on ollut pehmeä ja liettynyt sekä syksyllä 2014 että keväällä 2015, joten tässä tapauksessa jopa näin karkean murskeen käyttö voi olla perusteltua. Käytetty sorastusmäärä on ollut noin 245 tonnia/km. Kulutuskerroksen paksuus on ennen sorastusta vaihdellut 50 ja 60 mm välillä, sorastuksen jälkeen kerrospaksuus oli noin 80 mm.

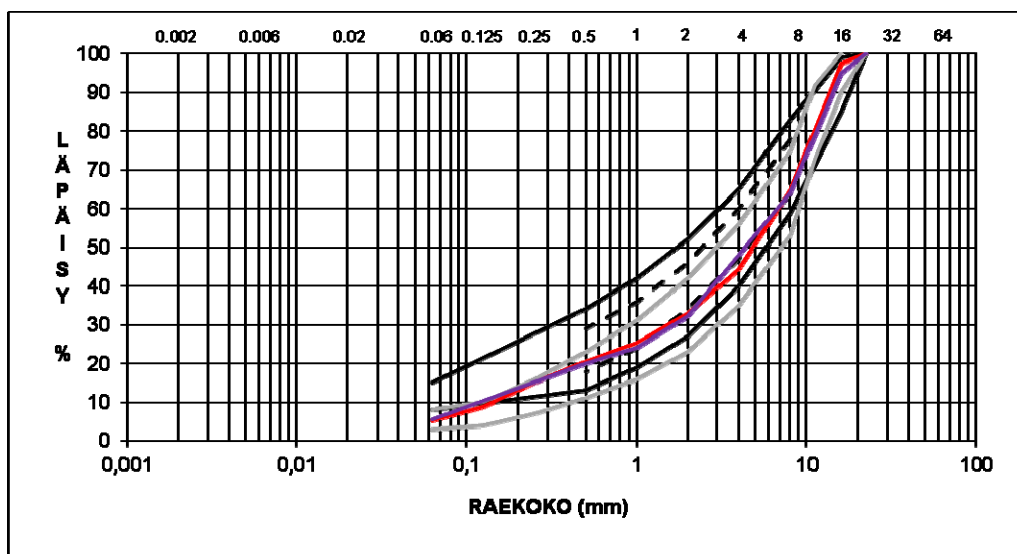
### 3.5 Alueurakka 5

Alueuran alueelta on haettu näytteitä kesäkuussa 2015. Näytteitä on haettu kahdelta kiviaineksen ottoapaikalta. Materiaalin 5A näytteet on otettu lapiolla kasasta, koska kauhakuormaajaa ei ollut käytössä. Materiaali 5A on yksityisen kiviainestoimittajan ottoapaikalta ja materiaali 5B paikallisen ELY-keskuksen hallinnassa olevalta kiviaineksen ottoapaikalta. Materiaali 5A on KaM 0/16 mm ja materiaali 5B SrM 0/16 mm. Otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Alueurakan 5 kohteilta haettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali 5A on merkitty punaisella ja materiaali 5B sinisellä.

Kumpikaan materiaaleista ei täytä sorastusmurskeelle asetettua rakeisuusvaatimusta, koska hienoainespitoisuus on liian pieni. Materiaalista 5A oli käytettävissä kiviainestoimittajan rakeisuustuloksia. Kuvassa 13 on esitetty vertailu kiviainestoimittajan ja tutkimuksessa otettujen näytteiden keskimääräisistä rakeisuuksista. Tulokset ovat käytännössä identtiset.



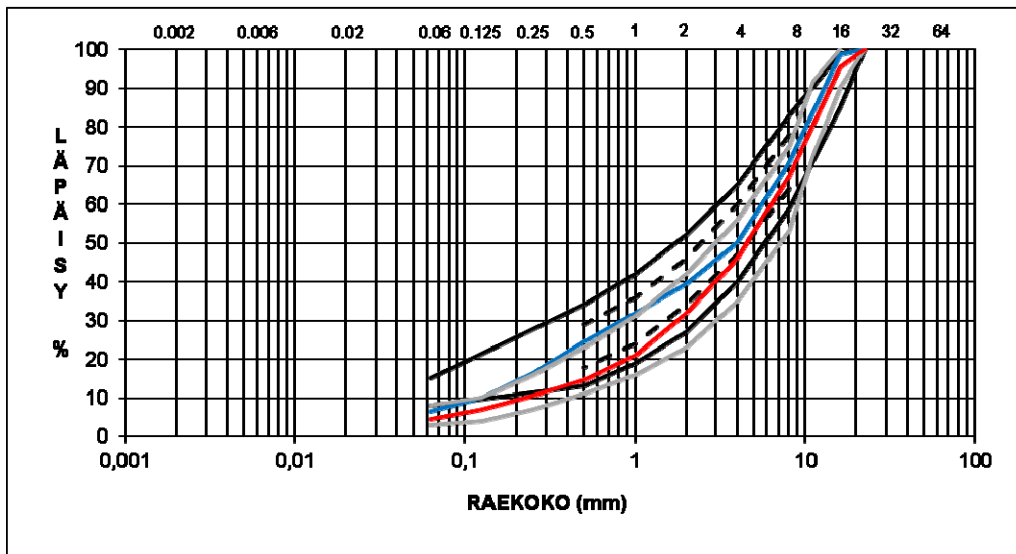
Kuva 13. Alueurakan 5 materiaalista 5A otettujen näytteiden (punainen) ja kiviainestoimittajan ilmoittaman tyyppirakeisuuden (violetti) vertailu.

Materiaalia 5A on käytetty soratieluokan II kulutuskerroksen normaaliin sorastukseen syksyllä 2015. Käytetty sorastusmäärä on ollut noin 300 tonnia/km. Edellinen sorastus on tehty vuonna 2011 eli sorastuskierto on neljä vuotta. Ennen sorastusta kulutuskerroksen paksuus on ollut noin 5–10 mm ja sorastuksen jälkeen noin 25–35 mm. Materiaalia on käytetty normaalin sorastuskierron mukaiseen sorastukseen, koska murske on urakoitsijan mielipiteen perusteella ”normaali KaM 0/16 mm”. Jos samaa mursketta on käytetty saman tieosan sorastukseen jo aiemminkin, ei tavoiteltava viiden vuoden sorastuskierto täyty, ja yksi todennäköinen syy tähän on murskeen alhainen

hienoainespitoisuus, jolloin sorastettava kerros ei tiivisty pinnasta ja osa murskeesta lentää liikenteen vaikutuksesta ojiin.

### 3.6 Alueurakka 6

Alueurakan 6 kohteilta on haettu näytteitä elokuussa 2015. Näytteitä on otettu kahdelta kiviainestoimittajan ottopaikalta. Materiaali 6B on otettu kasasta lapiolla, koska kauhakuormaajaa ei ollut käytössä. Otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet on esitetty kuvassa 14. Urakalta ei saatu mitään vertailuaineistoa tai sorastustietoa tutkimuksen käyttöön.

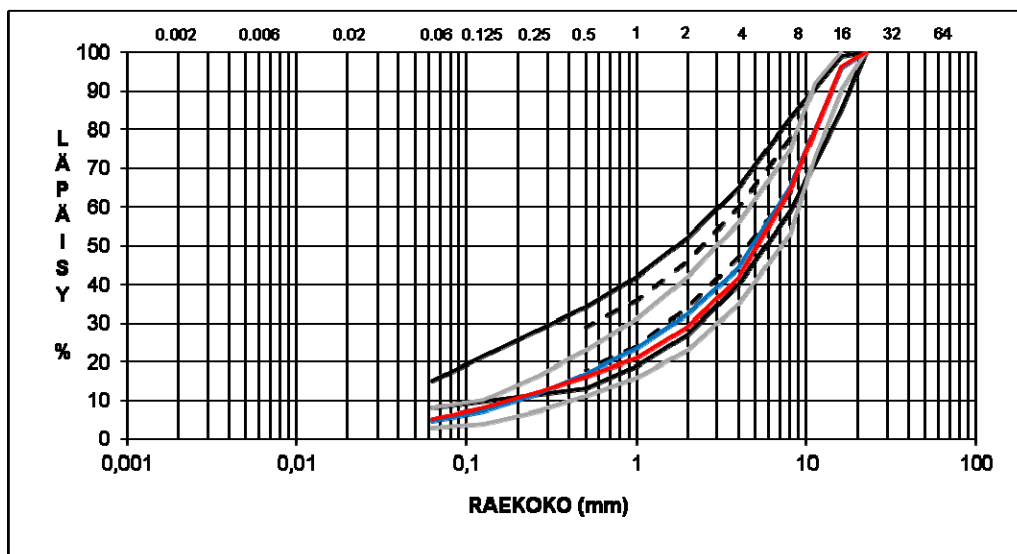


Kuva 14. Alueurakan 6 kohteilta haettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali 6A on merkitty punaisella ja materiaali 6B sinisellä.

Otettujen näytteiden perusteella kumpikaan materiaaleista ei täytä sorastusmurskeelle asetettua rakeisuusvaatimusta. Materiaali 6A on kaikilta osin kuitenkin hyvin lähellä vaadittua rakeisuutta, ainoastaan hienoainespitoisuus on hieman liian pieni.

### 3.7 Alueurakka 7

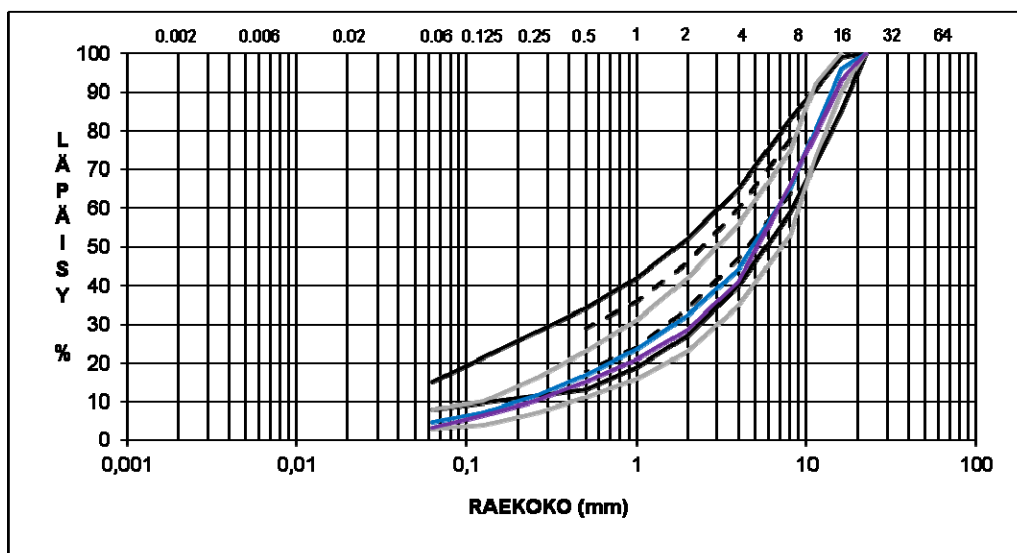
Alueurakan 7 kohteilta on haettu näytteitä elokuussa 2015. Näytteet on otettu kahdelta kiviainestoimittajan ottopaikalta. Molemmat testatut materiaalit olivat KaM 0/16 mm. Materiaalin 7A näytteet on otettu lapiolla kasasta, koska kauhakuormaajaa ei ollut käytettävissä. Otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Alueurakan 7 kohteilta haettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali 7A on merkitty punaisella ja materiaali 7B sinisellä.

Kumpikaan materiaaleista ei täytä sorastusmurskeelle asetettuja vaatimuksia. Keskimääräinen rakeisuuskäyrä on lähes kauttaaltaan katkoviivalla merkityn ohjealueen ulkopuolella ja hienoainesta on liian vähän. Kelirikkomurskeeksi materiaalit kelpaisivat.

Materiaalista 7B oli käytössä urakoitsijan omia seulontatuloksia. Vertailu urakoitsijan ilmoittaman ja tutkimuksessa otettujen näytteiden keskimääräisten rakeisuuksien välillä on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Materiaalin 7B otettujen näytteiden (sininen) ja urakoitsijan toimittamien rakeisuustietojen (violetti) keskimääräiset rakeisuudet.

Urakasta saatiin lisätietoina, että molempia materiaaleja on käytetty sorastuksiin. Perusteena materiaalien käytölle olivat yhtäältä hiekkapintaiset soratiet, mutta toisaalta se, että aluevastaava on hyväksynyt materiaalit käytettäväksi sorastuksessa. Ainakin urakoitsijalla on ollut tietoa siitä, että materiaalia on murskattu samalla päällystekiviainekseksi, jonka ohjealue oli myös urakoitsijan toimittamien rakeisuustietojen vertailukäyrästä.

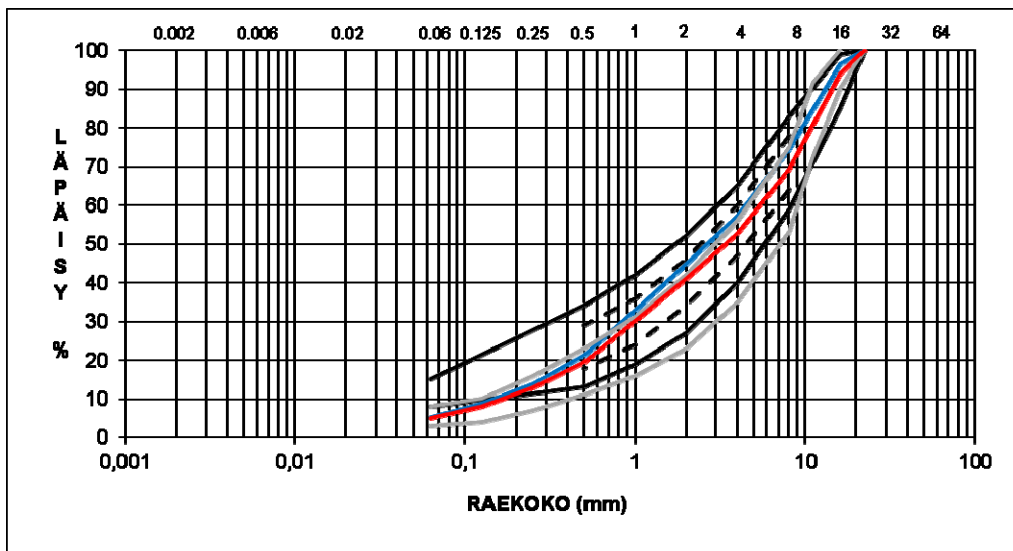
Materiaalia 7A on käytetty sorastukseen soratieluokan II tieosuudella, joka on edellisen kerran sorastettu vuonna 2012. Tieosuus on ojitettu vuonna 2014. Tienkäyttäjät ovat tehneet yksittäiset pyynnot tieosuuden pölynsidontatarpeesta elokuussa 2014 ja yksittäisen kuopan tasaustarpeesta syksyllä 2014. Tieosuus on sorastettu keväällä 2015.

Materiaalia 7B on käytetty sorastukseen luokan III tieosuudella, joka on edellisen kerran sorastettu vuonna 2011 ja osalla tieosuutta on tehty ojitusta ja tien kavennusta vuonna 2014, jolloin osaa tieosuudesta on myös sorastettu. Oletettavasti ojituksen jälkeen tienkäyttäjältä on tullut pyyntö levitetyn murskeen tasaamisesta. Tieosuus on sorastettu keväällä 2015.

Molemmat kohteet on valittu sorastettaviksi, koska ne ovat sorastuskierrossa vanhimmassa päässä urakan alueella. Tämä osaltaan indikoi siitä, että käytettäviin materiaaleihin ei ehkä ole kiinnitetty tarpeeksi huomiota, jos sorastuskierto vaihtelee 3 ja 4 vuoden välillä.

### 3.8 Alueurakka 8

Alueurakan 8 kohteelta on haettu näytteitä elokuussa 2015. Näytteitä on otettu yhdeltä kiviainestoitamittajan ottopaikalta siten, että materiaali 8A edustaa murskauksen alkutilannetta ja materiaali 8B saman materiaalin tuotantoa noin 10 vuorokauden kulluttua. Otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet on esitetty kuvassa 17. Materiaalin 8A tuloksista on jätetty yksi näyte huomioimatta, koska sen tulos poikkesi merkittävästi muista tuloksista näytteenottovirheen vuoksi.



Kuva 17. Alueurakan 8 kohteilta haettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali 8A on merkitty punaisella ja materiaali 8B sinisellä.

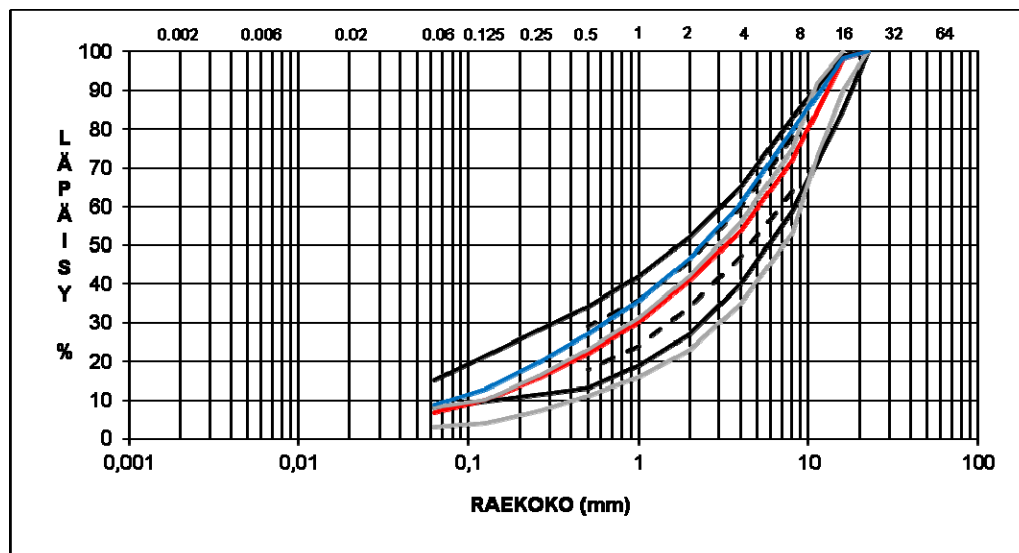
Tulosten perusteella näyttää siltä, että murskauksen alussa on saatu hivenen hienompaa materiaalia, joka sinänsä olisi sorastukseen parempaa, mutta murskainten aseuksia on todennäköisesti korjattu kohti päällystekiviainesten ohjealuetta. Urakoitsijan ilmoituksen perusteella tutkittua materiaalia on käytetty ainakin neljällä soratielällä. Joukossa on soratieluokkien II ja III mukaisia tieosuuksia. Osaa tieosuuksista on myös ojitettu sorastuksen yhteydessä. Sorastukset on tehty syksyllä 2015, edellinen

sorastus on tehty vuonna 2012. Käytettävä sorastusmäärä on ollut keskimäärin 180 tonnia/km. Kulutuskerroksen paksuus ennen sorastusta on ollut noin 40 mm ja sorastuksen jälkeen noin 70 mm. Sorastettavista teistä ainakin kaksi on ollut pinnaltaan savista, jolloin karkeamman murskeen käyttö on ollut perusteltua. Murskeen käytöstä on myös erikseen sovittu aluevastaavan kanssa.

### 3.9 Alueurakka 9

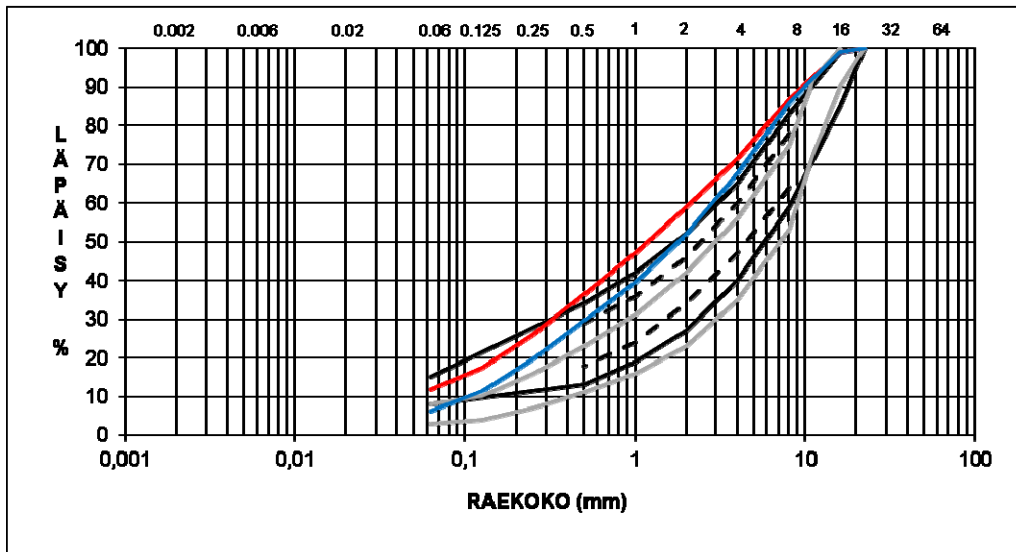
Alueurakan 9 kohteilta on haettu näytteitä lokakuussa 2015. Näytteitä on otettu yhdeltä kiviainestoitittajan ottopaikalta sekä kolmelta tieltä sorastuksen jälkeen, koska urakan alueella oli tehty sorastusmateriaalien suhteutuksia. Materiaali 9A on otettu kiviainestoitittajan ottopaikalta ja materiaali 9B edustaa samaa materiaalia otettuna soratien pinnasta muutama vuorokausi sorastuksen jälkeen. Materiaali 9C on yhdistettyä KaM o/16 mm ja KaM o/8 mm, joista on sekoitettu sorastusmursketta ennen materiaalin lavalle kuormaamista. Materiaaliin 9D oli lisätty hienojakoista (silttistä) maa-ainesta KaM o/16 mm joukkoon ennen materiaalin kuormaamista.

Kuvassa 18 on esitetty materiaalien 9A ja 9B keskimääräiset rakeisuudet. Kuvasta voidaan havaita, että materiaali 9A täyttää sorastusmurskeelle asetetut vaatimukset lukuun ottamatta hienoainespitoisuutta. Tien pintakerroksesta määritettyjen rakeisuuksien perusteella myös hienoainespitoisuus on noussut juuri ja juuri vaaditulle tasolle eli lopputulos on ollut varsin hyvä. Materiaali ei tosin ollut tien pinnassa vielä kunnolla tiivistynyttä, johtuen suurelta osin pitkästä sateettomasta ajanjaksosta.



Kuva 18. Alueurakan 9 kohteilta haettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Kasalta saatu rakeisuus 9A on merkitty punaisella ja tien pintakerroksesta saatu rakeisuus 9B sinisellä.

Materiaalien 9C ja 9D keskimääräiset rakeisuudet on esitetty kuvassa 19. Kuvasta voidaan havaita, että suhteuttamalla materiaaleja on saatu jopa hieman liian hienoraakeinen lopputulos. Tämä saattaa aiheuttaa tien pinnan liettymistä sadekausien aikana. Näiden tulosten tulkinnassa on huomioitava, että näytteet on otettu suhteellisen lyhyeltä matkalta (noin 50 m) tieosuudelta, jolloin suhteutuksen onnistumista koko tieosuudella ei pystytä tarkasti arvioimaan. Toisaalta molempien materiaalien osalta lopputulos edustaa KaM o/11 mm rakeisuutta, ainakaan materiaalin 9D tapauksessa



Kuva 19. Alueuran 9 kohteilta haettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali 9C on merkitty punaisella ja materiaali 9D sinisellä.

### 3.10 Sorakulutuskerrosmateriaalien yhteen- veto

Keskeisin havainto valtakunnallisesti käytettävistä sorastusmurskeista oli niiden pienhkö hienoaainespitoisuus. Yhdessäkään kasalta otetussa materiaalissa ei ollut keskimäärin sorastusmurskeelta vaadittavaa vähimmäismäärää, 8 %-yksikköä, hienoaainesta. Yhteensä kasanäytteitä otettiin 60 kappaletta 15 eri materiaalikasasta eikä yhdessäkään otetussa näytteessä ollut vaadittua 8 % hienoaainesta. Tällöin on riskinä, että materiaali ei tiivisty soratien pintaan ja osa materiaalista lentää liikenteen vaikutuksesta ojiin. Tämän seurauksena sorastuskierto tihenee tarpeettomasti myös kohteissa, joissa ei ole havaittu pintakelirikkoo. Saatujen muutaman sorastuskierto-vastauksen perusteella vaikuttaa siltä, että missään tutkimukseen valikoituneessa hankkeessa tavoitetilanne, viiden vuoden sorastuskierto, ei toteudu.

Alueelliset erot materiaaleissa selittävät osan eroista, mutta suurimmaksi osaksi ero ohjeeseen selittyy murskausprosessilla. Yleisimmin käytetty rakeisuusluokka on G<sub>A</sub> 85 tai G<sub>A</sub> 90. Yksinkertaisesta murskausprosessista johtuen 0/16 mm murskeessa on tyypillisesti noin 3–5 % hienoaainesta. Soramurskeiden raaka-aine on yleensä myös erittäin lujaa eikä näin ollen hienommassa jakeessakaan ole lähtökohtaisesti hienoaainesta muutamaa prosenttiyksikköä enempää.

Sorastusmurskeita ei välttämättä myöskään valmisteta erillisinä tuotteina, vaan usein tuotetaan yleisimmillä laatuksilla 0/16 mm mursketta, joka soveltuu useampiin käyttötarkoituksiin. Tällöin myös hienoaainoksen määrä jää pieneksi.

Jos tehdään seuraavilla olettamuksilla teoreettinen laskelma, saadaan selville sorastuskierron tihenemisestä aiheutuvat lisäkustannukset.



Laskelman lähtötiedot:

- Sorastuksen yksikköhinta: 9-11 €/tonni. Laskelma tehty hinnalla 10 €/tonni
- Kelirikkokorjauksen yksikköhinta: 15 €/tonni
- Sorastusmäärä: 55 t/km/v (luokka II) ja 40 t/km/v (luokka III)
- Kelirikkokorjaukset sorastusmäärä: 10 t/km (vaikea) ja 5 t/km ("helppo")
- Sorastuskierto :3,4 tai 5 vuotta
- Laskentaoletuksena ylläpitourakka, eli soratieluokittain vaihtuvan sorastusmäärän tarkoituksena on säilyttää kulutuskerroksen paksuus. Esim. 5 vuoden sorastuskierrolla 275 t/km pitää kulutuskerroksen paksuuden entisellään.
- Oletetaan, että urakan soratieosuudet ovat jakautuneet siten, että II-luokan soratietä on 80 % ja III-luokan tietä 20 %.
- Viisivuotisen urakan aikana soratieluokassa II ajetaan tielle 275 t/km
- Soratieluokassa III 200 t/km
- Kustannukset viisivuotisen urakan aikana on esitetty taulukossa 5, kun materiaalin tonnihinta on 10 €:

*Taulukko 5. Urakan sorastuskustannukset viisivuotiskauden aikana, kun sorastuskierto on viisi vuotta.*

Urakan soratiekilometrit			Sorastuskustannus €		
Luokka II	Luokka III	Yhteensä	Luokka II	Luokka III	Yhteensä
80	20	<b>100</b>	220 000	40 000	<b>260 000</b>
120	30	<b>150</b>	330 000	60 000	<b>390 000</b>
160	40	<b>200</b>	440 000	80 000	<b>520 000</b>
200	50	<b>250</b>	550 000	100 000	<b>650 000</b>
240	60	<b>300</b>	660 000	120 000	<b>780 000</b>
320	80	<b>400</b>	880 000	160 000	<b>1 040 000</b>
480	120	<b>600</b>	1 320 000	240 000	<b>1 560 000</b>

Jos sorastuskiertoa joudutaan tihentämään, kasvavat kustannukset vastaavasti viisivuotisen urakan aikana taulukossa 6 esitetyn mukaisesti.

*Taulukko 6. Sorastuskierron tihentämisen kustannusvaikutukset. Sarakkeessa "5 vuotta" on esitetty tavoiteltavalla 5 vuoden sorastuskierrolla sorastukseen kuluva summa viisivuotisen urakan aikana.*

Soratiekm	Sorastuskierron vaikutus kustannuksiin €				
	5 vuotta	4 vuotta	3 vuotta	Erotus 4v	Erotus 3v
100	260 000	325 000	433 000	<b>65 000</b>	<b>173 000</b>
150	390 000	488 000	650 000	<b>98 000</b>	<b>260 000</b>
200	520 000	650 000	867 000	<b>130 000</b>	<b>347 000</b>
250	650 000	813 000	1 083 000	<b>163 000</b>	<b>433 000</b>
300	780 000	975 000	1 300 000	<b>195 000</b>	<b>520 000</b>
400	1 040 000	1 300 000	1 733 000	<b>260 000</b>	<b>693 000</b>
600	1 560 000	1 950 000	2 600 000	<b>390 000</b>	<b>1 040 000</b>

Esitetyillä tiedoilla sorateiden hoitoon siis kuluu vuodessa enemmän rahaa, jos sorastuskiertoa joudutaan tihentämään taulukossa 7 esitetty määrä.

Taulukko 7. Sorastuksen vuosikustannuksen nousu sorastuskierron tihentymisestä johtuen.

Soratiekm	Sorastuskierto	
	4 vuotta	3 vuotta
100	13 000	35 000
150	20 000	52 000
200	26 000	69 000
250	33 000	87 000
300	39 000	104 000
400	52 000	139 000
600	78 000	208 000

Laskelman perusteella voidaan päätellä puutteellisesti toimivan sorakulutuserroksen aiheuttavan merkittäviä urakkakohtaisia kustannuksia. Jos ongelmaa laajennetaan ja tarkastellaan tilannetta koko valtakunnan tasolla:

- Vuoden 2015 lopussa Suomessa oli yhteensä 27 140 km sorateitä.
- Oletetaan, että sorateistä 80 % kuuluu luokkaan II ja 20 % luokkaan III, valtakunnan tasolla sorastus maksaa yhden viisivuotisen urakkakauden aikana noin 70 M€ eli 14 M€ vuosittain.
- Jos sorastuskiertoa joudutaan tihentämään kaikkialla 4 vuoteen, on lisäkustannus 3,53 M€ vuodessa
- Jos sorastuskiertoa joudutaan tihentämään kaikkialla 3 vuoteen, on lisäkustannus 9,41 M€ vuodessa
- Jos sorastuskierron pituutta voitaisiin kasvattaa kaikkialla 7 vuoteen, olisi vuosittainen säästö 4,03 M€

Ottaen huomioon, että edellä esitetty laskelma on suhteellisen karkea arvio, voi taloudellinen vaikutus olla vielä huomattavasti suurempikin. Sen takia seuraavassa esitetään muutama toimenpide, joilla aluevastaavat voivat arvioida käytettäviä sorastusmateriaaleja ja vaikuttaa sorastuksen lopputulokseen.

- Käytettävien materiaalien valvonta: urakoitsijan on toimitettava rakeisuustiedot sorastussuunnitelmien yhteydessä
  - On tärkeää muistaa, että seulontatuloksia tarvitaan riittävä määrä. Yksi rakeisuuskäyrä ei riitä: vaatimuksena on testaustulos jokaista murskattua 2000 t erää kohden. Aina on toimitettava kuitenkin vähintään 3 tuotannonaikeista testaustulosta riippumatta käytettävästä määrästä.
- Jos urakoitsija haluaa käyttää vähemmän hienoaainesta sisältävää mursketta:
  - Selvitys pintakelirikosta, voidaan käyttää, jos kyseessä on kelirikkokohde
  - Selvitys tien pintamateriaalista, jos pinta on hienoa, voidaan käyttää tietyin reunaehdoin. Kohteesta on oltava visuaalinen arvio ja dokumentaatio sekä lisäksi arvio pinnan hienouden vaihtelusta ja hienon kerroksen paksuudesta. Otetaan rakeisuusnäytteitä myös pinta-kerroksesta ja suhteutetaan olemassa oleva pintamateriaali lisättävän murskeen kanssa siten, että päästään sorastusmurskeohjealueen sisään. Tällöin on erittäin tärkeää myös valvoa työsuoritus eli materiaalit on sekoitettava keskenään murskeen levityksen yhteydessä.

- Saven lisääminen murskeen joukkoon välivarastolla tai levitysvaiheessa. Suhteutus ja työsuorituksen valvonta kuten edellä. Saven on oltava kuivatettua, jotta se sekoittuu murskeen joukkoon mahdollisimman tasaisesti.

**Mikäli käytetään vähemmän hienoainesta sisältävää sorastusmursketta, on aina vaadittava ja valvottava, että urakoitsija huolehtii lopputuloksen homogenisoinnista asianmukaisesti. Vanha kulutuskerros on höylättävä kauttaaltaan irti kuoppien pohjia myöden, jonka jälkeen irti otettu kulutuskerros on tasattava oikeaan poikkileikkausmuotoon. Tämän jälkeen lisätään kulutuskerrosmursketta ja vanha ja uusi murske sekoitetaan huolellisesti. Sekoittamisen jälkeen materiaali tasataan uudelleen oikeaan poikkileikkausmuotoon ja tiivistetään huolellisesti.**

Liikennevirasto käyttää jatkossa seuraavaa menettelyä, mikäli laadunalituksia ilmenee. Oireettomalla soratiellä (pintakelirikkoa ei esiinny normaalia soratietä enempää) sorastukseen käytettävässä murskeessa on oltava hienoainesta ( $< 0,063$  mm lajite) 8–15 %. Tilaaaja voi harkintansa mukaan hyväksyä arvonalennusta vastaan murskeen käytön, jos hienoainesmäärä jää alle 8 %:iin. Tällöin kohteen sorastuksen kokonaishintaa laskettaessa tarjouksen mukaisen sorastuksen yksikköhinnan (Y) sijaan käytetään alennettua yksikköhintaa (Z), joka saadaan kaavalla:

$$Z = Y - Y(8,0 - X)/10, \text{ missä}$$

Z on arvonalennusperusteisesti sovellettava sorastuksen yksikköhinta (€/tonni)

Y on tarjouksen mukainen alentamaton sorastuksen yksikköhinta (€/tonni)

X on sorastusmurskeen läpäisyprosentti 0,063 mm seulalla.

Näin ollen jokainen puuttuva hienoainesprosentti alentaa yksikköhintaa 10 %. Esimerkiksi, kun hienoainesta ( $< 0,063$  mm lajite):

- 7,9 % => sovelletaan tarjouksen mukaista yksikköhintaa alennettuna 1 %:lla
- 7,0 % => sovelletaan tarjouksen mukaista yksikköhintaa alennettuna 10 %:lla
- 6,0 % => sovelletaan tarjouksen mukaista yksikköhintaa alennettuna 20 %:lla
- 3,0 % => sovelletaan tarjouksen mukaista yksikköhintaa alennettuna 50 %:lla

Urakoitsija voi käyttää vähemmän kuin 8 % hienoainesta sisältävää materiaalia ilman arvonalennusta osoittamalla sorastuksen lopputuloksen laadun tieosakohtaisesti näytetutkimusten ja suhteutuksen avulla. Tällöin sorastuksen jälkeen otettujen näytteiden on täytettävä ohjeessa LO1/2014 esitetty kulutuskerrosmurskeen rakeisuusvaatimus kaikilta osin.

Valmiista kulutuskerroksesta on otettava ja analysoitava vähintään 1 näyte jokaista alkavaa 2,5 km mittaista sorastettua tieosuutta kohden. Tilaaaja voi tarvittaessa määrätä näytteenottokohdat. Näytteet on otettava välittömästi sorastuksen jälkeen.

## 4 Kantavan kerroksen murskeet

Hankkeissa K1–K4 on otettu kantavan kerroksen näytteitä sekä valmiin, tiivistetyn kerroksen pinnalta että kiviaineksen ottopaikalta kasalta. Osassa hankkeita kiviaines on otettu hankkeen sisältä, joten vertailua kiviainestoimittajan CE-merkintätietoihin ei voida tehdä. Vertailut käytössä olleisiin laatudokumentteihin on kuitenkin tehty kohdekohtaisissa alaluvuissa. Hankkeissa K1–K4 saatujen tulosten perusteella on pyritty kehittämään kantavan kerroksen hienoainespitoisuuden todentamisen näytteenottomenetelmää ottamalla hankkeissa K5 ja K6 pienempiä näytteitä.

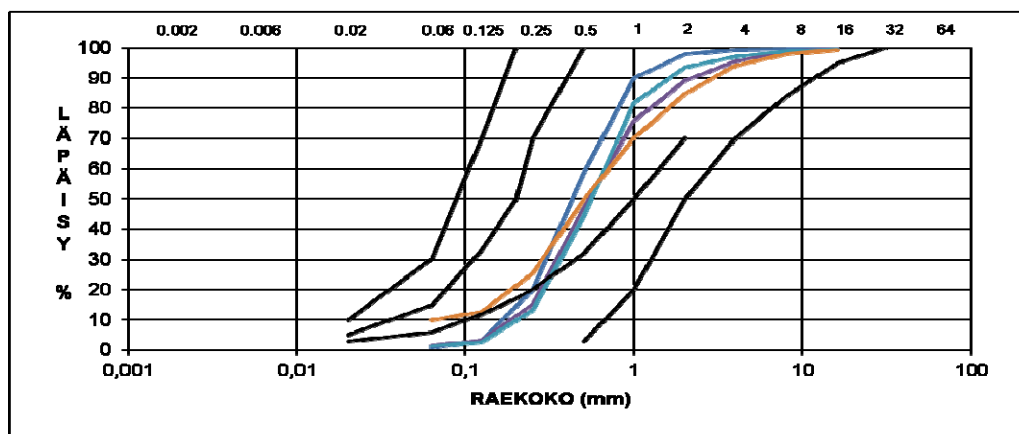
Suodatinkerroksen hiekkaa oli käytössä vain yhdessä tutkimukseen valikoituneessa hankkeessa (K1). Koska näytemäärä on vähäinen, ei tulosten perusteella voida tehdä yksityiskohtaista analyysia, joten saadut tulokset on esitetty kantavan kerroksen tulosten yhteydessä.

Kantavassa kerroksessa materiaalille on asetettu rakeisuusjakauman lisäksi vaatimukset kiviaineksen raemuodolle, rapautumisherkkyydelle sekä iskunkestävyydelle. Tutkimuksessa otetuista rakeisuusnäytteistä on määritetty litteysluku standardin SFS-EN 933-3 mukaisesti. Kiviaineksen rapautumisherkkyttä on tutkittu vedenimeytymiskokeen avulla standardin SFS-EN 1097-6 mukaisesti. Otetuille näytteille ei sen sijaan ole tehty petrograafista kuvausta. Materiaalien iskunkestävyys on testattu Los Angeles -kokeella standardin SFS-EN 1097-2 mukaisesti.

### 4.1 Kohde K1

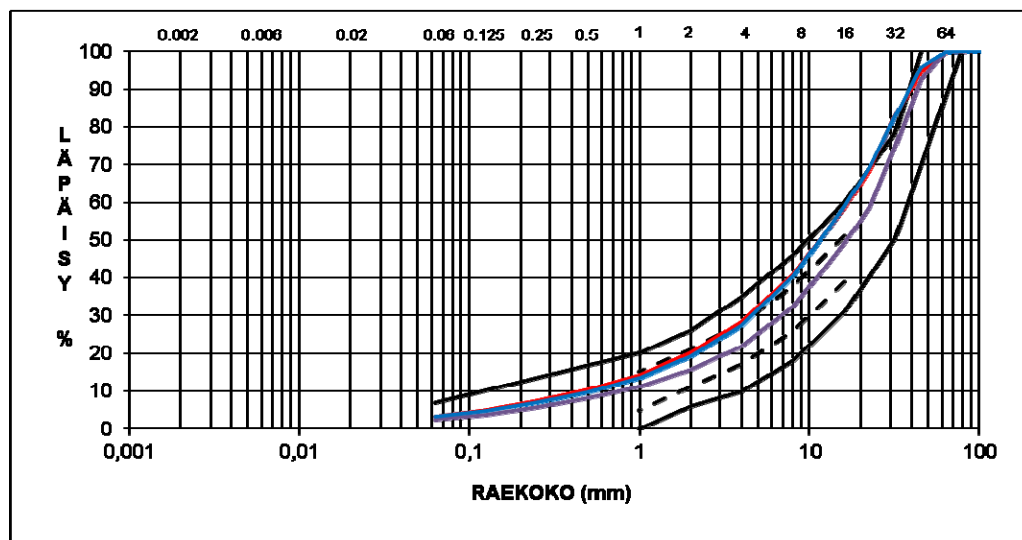
Kohde on Liikenneviraston hanke, jossa kantavan kerroksen murske on louhittu ja murskattu urakan sisällä. Kohteesta on otettu näytteitä heinäkuussa 2014. Kantavassa kerroksessa käytetty materiaali oli KaM 0/56 mm.

Kohde oli ainoa, josta saatiin suodatinkerroksen näytteitä, joten ne on esitetty kantavan kerroksen tulosten yhteydessä. Otettujen suodatinkerrosnäytteiden rakeisuustulokset on esitetty kuvassa 20. Yhdessä näytteessä oli havaittavissa savi/siltti-paakku. Kaikki näytteet kuitenkin täyttävät suodatinkerros materiaalille asetetut rakeisuusvaatimukset.



Kuva 20. Yksittäisten otettujen suodatinkerrosnäytteiden (4 kpl) rakeisuusjakaumat kohteessa K1. Suodatinkerrokselle asetetut vaatimukset on kuvattu mustilla viivoilla.

Kantavan kerroksen materiaalista ei ollut käytössä laatudokumentteja. Kohteessa on otettu näytteitä sekä kasalta että rakenteesta. Rakenteesta on otettu näytteitä 100 mm (4 kpl) ja koko kantavan (noin 220 mm, 2kpl) kerrospaksuudelta. Kuvassa 21 on esitetty eri tavalla otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Kasalta otetut näytteet täyttävät InfraRYLissä esitetyt rakeisuusvaatimukset, mutta rakenteesta otetut näytteet eivät täytä keskimääräiselle rakeisuudelle asetettuja vaatimuksia. On mahdollista, että kiviaines on hienontunut tiivistettäessä, koska kiviaines oli myös lujuudeltaan (taulukko 10) hieman liian heikkoa verrattuna kantavalle kerrokselle asetettuihin vaatimuksiin. Molemmilla näytteenottotavoilla osa näytteistä ei täyttänyt myöskään yksittäiselle näytteelle asetettuja vaatimuksia.



Kuva 21. Kohteen K1 kantavan kerroksen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet, kasalta otetut näytteet on merkitty violetilla, 100 mm kerrospaksuudelta rakenteesta otetut näytteet punaisella ja koko kantavan kerroksen paksuudelta otetut näytteet sinisellä värillä.

Taulukossa 8 on esitetty otettujen näytteiden litteysluvut. Materiaali täyttää InfraRYL:ssä esitetyn kantavan kerroksen vaatimuksen ( $Fl_{50}$ ), kasalta otettujen näytteiden litteyslukuluokka on  $Fl_{15}$  ja rakenteesta  $Fl_{10}$ .

Otetuista näytteistä on testattu materiaalin kiintotiheys ja vedenimeytyminen standardissa SFS-EN 1097-6 esitetyn mukaisesti. Tulokset on esitetty taulukossa 9. Tulosten perusteella materiaali täyttää kantavassa kerroksessa käytettävälle kiviaineksen vedenimeytymiselle asetetut vaatimukset ( $WA_{24} < 1 \%$ ).

Taulukko 8. Hankkeesta K1 otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen litteysluvut.

	Näyte	Litteysluku
Kasa	1	13
	2	11
	3	14
	4	12
Rakenne	1	7
	2	7
	3	10
	4	9
Vaatus	$Fl_{50}$	$Fl < 50$

Taulukko 9. Hankkeesta K1 otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen.

	Näyte	Kiintotiheys (Mg/m <sup>3</sup> )	Vedenimeytyminen (%)
Kasa	1	2,66	0,16
	2	2,66	0,16
	3	2,66	0,12
	4	2,66	0,12
Rakenne	1	2,67	0,15
	2	2,71	0,16
	3	2,66	0,18
	4	2,65	0,23
Vaatus		-	WA <sub>24</sub> < 1 %

Taulukossa 10 on esitetty hankkeelta otetuista näytteistä määritetyt, materiaalin iskunkestävyyttä kuvaavat Los Angeles -luvut. Kasalta otettujen näytteiden perusteella luokka on LA<sub>40</sub> ja rakenteesta otettujen näytteiden perusteella LA<sub>35</sub>. InfraRYL 2010 vaatimusten mukaisesti iskunkestävyyttä kuvaava Los Angeles -luku on enintään 30 (luokka LA<sub>30</sub>). Hankekohtaisesti tilaaja voi hyväksyä myös luokat LA<sub>35</sub> ja LA<sub>40</sub>. Materiaali ei siis täytä asetettuja iskunkestävyysvaatimuksia ilman tilaajan suostumusta. Hyväksynnästä ei saatu varmistusta hankkeesta eikä myöskään tietoja hankkeen tarpeisiin tehdyistä iskunkestävyysmäärityksistä. Materiaalin heikohko iskunkestävyys selittää osaltaan myös tiivistetystä rakenteesta ja kasalta otettujen rakeisuusnäytteiden tulosten eroja. Materiaali on voinut hienontua tiivistettäessä.

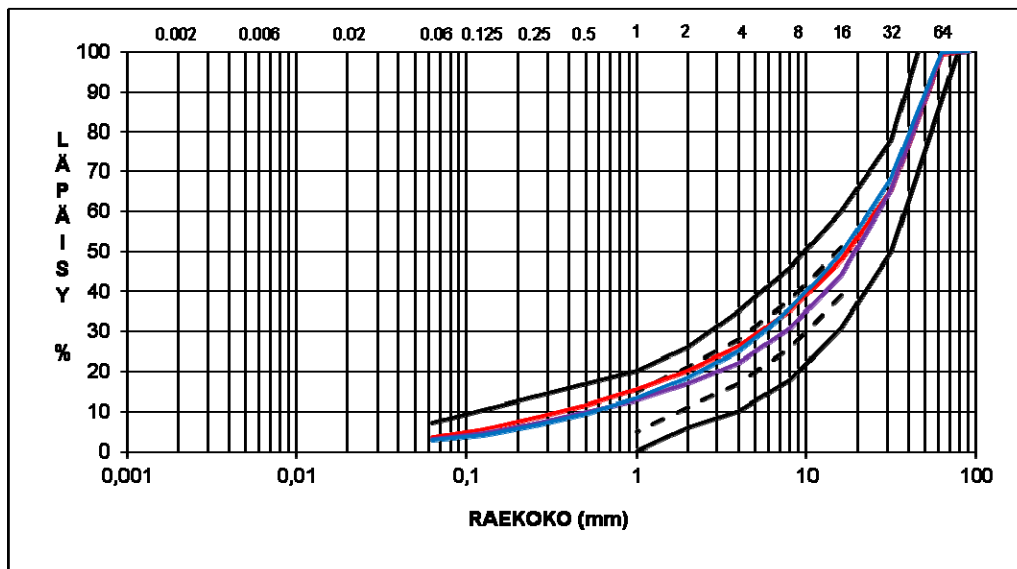
Taulukko 10. Hankkeesta K1 otetuista näytteistä määritetyt iskunkestävyyskokeiden tulokset.

	Näyte	Los Angeles -luku
Kasa	5	34
	6	34
	7	36
	8	35
Rakenne	5	33
	6	32
	7	33
	8	34
Vaatus	LA <sub>30</sub>	LA < 30

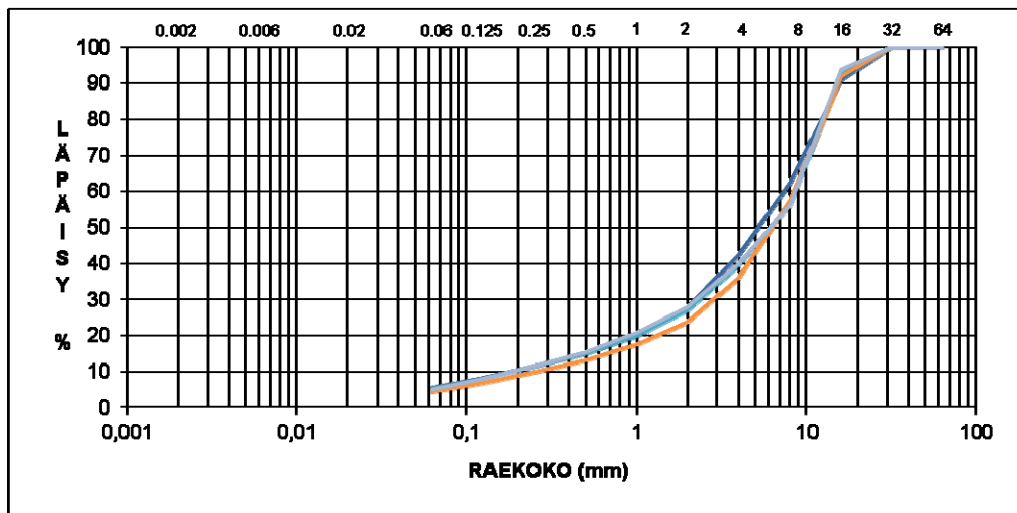
## 4.2 Kohde K2

Kohde on Liikenneviraston hanke, jossa kantavan kerroksen murske on louhittu ja murskattu urakan sisällä. Kohteesta on otettu näytteitä marraskuussa 2014. Kantavassa kerroksessa käytetty materiaali oli KaM 0/56 mm. Hankkeesta on otettu kantavan kerroksen näytteitä kasalta ja tiivistetyn kantavan kerroksen pinnasta. Kuvassa 22 on esitetty kantavan kerroksen näytteiden keskimääräiset raekokojakaumat. Hankkeelta saatiin käyttöön myös laadunvalvontadokumentteja ja tutkimuksessa otettuja näytteitä on verrattu laatudokumenteista satunnaisesti valittujen neljän rakeisuustuloksen keskiarvoon. Kasalta otettujen näytteiden perusteella materiaali täyttää rakeisuusvaatimukset, mutta tiivistetyn kerroksen pinnalta otettujen näytteiden perus-

teella rakeisuuden keskiarvovaatimus ei aivan täyty 1-2 mm kohdalta. Tämä kuitenkin selittyy sillä, että hankkeessa käytettiin kantavan kerroksen pinnassa hienorakeisempaa tasausmursketta noin 20 mm paksuinen kerros. Tasausmurskekerroksesta otettiin myös näytteitä ja otettujen näytteiden rakeisuusjakaumat on esitetty kuvassa 23.



Kuva 22. Kohteen K2 kantavan kerroksen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet, kasalta otetut näytteet on merkitty violetilla, 100 mm kerrospaksuudelta rakenteesta otetut näytteet punaisella ja hankkeelta saatujen laatu-dokumenttien perusteella määritetty vertailurakeisuus violetilla.



Kuva 23. Tasausmurskeesta määritetyt raekokojakaumat.

Taulukossa 11 on esitetty otetuista näytteistä määritettyjen litteyslukujen tulokset. Materiaali täyttää kantavalle kerrokselle asetetun vaatimuksen ( $Fl_{50}$ ), kasalta otettujen näytteiden litteysluku on  $Fl_{25}$ , rakenteesta  $Fl_{10}$ . Urakoitsijan laatuaineistossa ei ollut tietoja litteysluvun määrittämisestä. Rakenteesta ja kasalta otettujen näytteiden ero selittyy todennäköisesti tasausmurskeen käytöllä.

Taulukko 11. Hankkeelta K2 otetuista näytteistä määritetyt litteysluvut.

	Näyte	Litteysluku
Kasa	1	13
	2	21
	3	15
	4	16
Rakenne	1	7
	2	8
	3	7
	4	7
<b>Vaatus</b>	<b>Fl<sub>50</sub></b>	<b>Fl &lt; 50</b>

Taulukossa 12 on esitetty otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen. Tulosten perusteella materiaali täyttää kantavassa kerroksessa käytettävälle kiviaineksen vedenimeytymiselle asetetut vaatimukset ( $WA_{24} < 1 \%$ ).

Taulukko 12. Hankkeesta K2 otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen.

	Näyte	Kiintotiheys (Mg/m <sup>3</sup> )	Vedenimeytyminen (%)
Kasa	1	2,71	0,17
	2	2,71	0,20
	3	2,70	0,20
	4	2,71	0,20
Rakenne	1	2,71	0,21
	2	2,71	0,20
	3	2,71	0,19
	4	2,70	0,20
<b>Vaatus</b>		-	<b>WA<sub>24</sub> &lt; 1 %</b>

Taulukossa 13 on esitetty hankkeelta otetuista näytteistä määritetyt materiaalin iskunkestävyyttä kuvaavat Los Angeles -luvut. Materiaali täyttää kantavan kerroksen kiviainekselle asetetut vaatimukset.

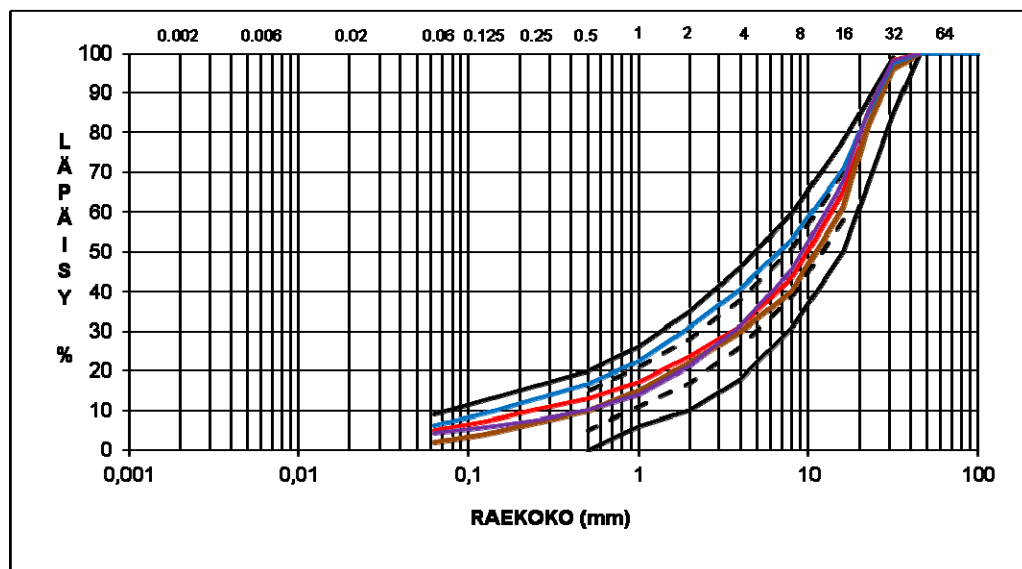
Taulukko 13. Hankkeesta K2 otetuista näytteistä määritetyt iskunkestävyysskoiteiden tulokset.

	Näyte	Los Angeles -luku
Kasa	5	25
	6	26
	7	26
	8	25
Rakenne	5	24
	6	24
	7	24
	8	23
<b>Vaatus</b>	<b>LA<sub>30</sub></b>	<b>LA &lt; 30</b>



## 4.3 Kohde K3

Kohde K3 on ELY-keskuksen hanke. Hankkeelta on haettu näytteitä heinäkuussa 2014. Kantavan kerroksen materiaali oli SrM 0/32 mm. Näytteitä on otettu kiviainestoimittajan ottopaikalta kasalta ja tiivistetystä kantavasta kerroksesta kohdassa, jossa tehtiin tasauksen muutosta. Rakenteesta on otettu rakeisuusnäytteitä sekä 100 mm kerrospaksuudelta että koko kantavan kerroksen paksuudelta (näytteenottokohdissa noin 150 mm, 2 näytettä). Kuvassa 24 on esitetty keskimääräisten raekokojakaumien yhteenveto. Rakenteesta otettujen näytteiden rakeisuuden alaosa (<2 mm jae) näyttää kasvavan verrattuna kasalta otettuihin näytteisiin. Lisäksi koko kantavan kerroksen paksuudelta otettujen näytteiden keskiarvo ei täytä InfraRYL keskiarvovaatimuksia ja on edellisiä hienorakeisempi. Kantavan kerroksen alaosaan on todennäköisesti levitetty tai sekoitettu jotakin hienorakeisempaa materiaalia.



Kuva 24. Kohteen K3 kantavan kerroksen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet, kasalta otetut näytteet on merkitty violetilla, 100 mm kerrospaksuudelta rakenteesta otetut näytteet punaisella, koko kantavan kerroksen paksuudelta otetut näytteet sinisellä ja kiviainestoimittajan suositustasoilmoituksessa ilmoitettu tyyppirakeisuus ruskealla.

Taulukossa 14 on esitetty kasalta ja rakenteesta 100 mm paksuudelta otetuista näytteistä määritetyt litteysluvut. Litteyslukuarvot täyttävät asetetut vaatimukset ja kiviainestoimittajan suositustasoilmoitus pitää paikkansa, tosin materiaalin luokka on hivenen väljemmin määritetty suositustasoilmoituksessa. Taulukossa 15 on esitetty näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen. Vedenimeytymiskokeiden tulosten perusteella materiaali täyttää kantavan kerroksen materiaalille asetetut vaatimukset ja kiviainestoimittajan suositustasoilmoitus (DoP) pitää paikkansa, vaikkakin ilmoitukseen merkitty arvo ei edusta virallista luokkaa.

Taulukko 14. Hankkeelta K3 otetuista näytteistä määritetyt litteysluvut.

	Näyte	Litteysluku
Kasa	1	10
	2	11
	3	13
	4	11
Rakenne	1	11
	2	9
	3	8
	4	11
Suoritustasoilmoitus		FL <sub>20</sub>
Vaatus	FL <sub>50</sub>	FL < 50

Taulukko 15. Hankkeesta K3 otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen.

	Näyte	Kiintotiheys (Mg/m <sup>3</sup> )	Vedenimeytyminen (%)
Kasa	1	2,68	0,31
	2	2,67	0,33
	3	2,70	0,52
	4	2,69	0,42
Rakenne	1	2,69	0,33
	2	2,69	0,29
	3	2,69	0,29
	4	2,66	0,31
Suoritustasoilmoitus		2,68	WA <sub>24</sub> < 0,8 %
Vaatus		-	WA <sub>24</sub> < 1 %

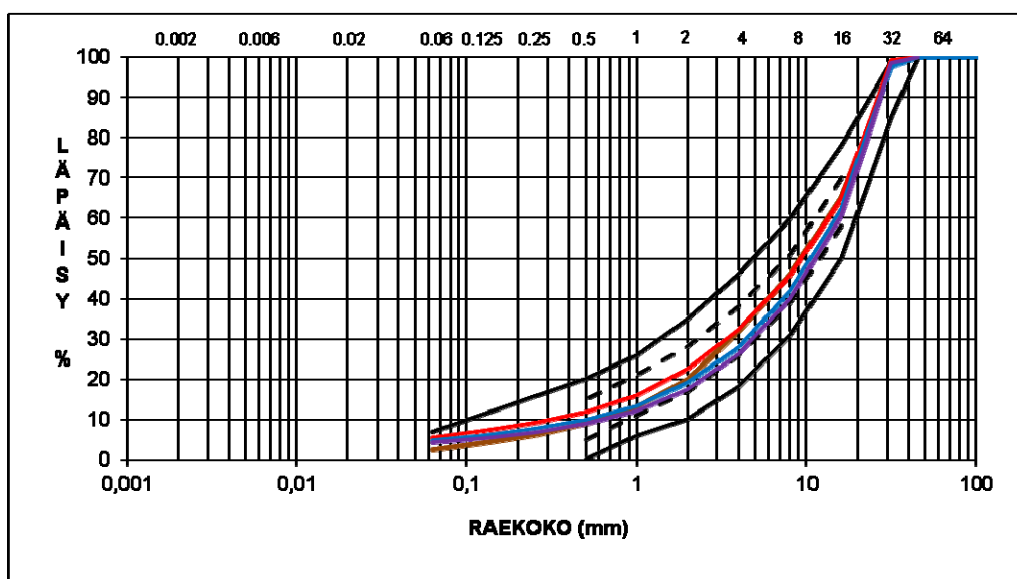
Taulukkoon 16 on koottu hankkeelta K3 otettujen näytteiden iskunkestävyyskokeiden tulokset. Tulosten perusteella materiaali täyttää asetetut vaatimukset, mutta kiviainestoimittajan suoritustasoilmoituksessa ilmoittama luokka ei pidä paikkaansa.

Taulukko 16. Hankkeesta K3 otetuista näytteistä määritetyt iskunkestävyyskokeiden tulokset.

	Näyte	Los Angeles -luku
Kasa	5	21
	6	21
	7	21
	8	21
Rakenne	5	21
	6	22
	7	22
	8	21
Suoritustasoilmoitus		LA <sub>20</sub>
Vaatus	LA <sub>30</sub>	LA < 30

## 4.4 Kohde K4

Kohde K4 on ELY-keskuksen hanke. Näytteet on otettu poikkeavan väylän liittymä-alueelta. Hankkeelta on haettu näytteitä heinäkuussa 2014. Kantavan kerroksen materiaali oli KaM o/32 mm. Näytteitä on otettu kiviainestoimittajan otto paikalta kasalta ja tiivistetystä kantavasta kerroksesta kohdassa, jossa tehtiin tasauksen muutosta. Rakenteesta on otettu rakeisuusnäytteitä sekä 100 mm kerrospaksuudelta että koko kantavan kerroksen paksuudelta (näytteenottokohdissa noin 150 mm, 2 näytettä). Kuvassa 24 on esitetty keskimääräisten raekokojakaumien yhteenvedo. Kaikki otetut näytteet täyttävät kantavan kerroksen materiaalille asetetut rakeisuusvaatimukset. Otetuissa näytteissä on hieman enemmän hienoainesta kuin kiviainestoimittajan suoritustasoilmoituksessaan esittämässä materiaalin tyyppirakeisuudessa.



Kuva 25. Kohteen K4 kantavan kerroksen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet, kasalta otetut näytteet on merkitty violetilla, 100 mm kerrospaksuudelta rakenteesta otetut näytteet punaisella, koko kantavan kerroksen paksuudelta otetut näytteet sinisellä ja kiviainestoimittajan suoritustasoilmoituksessa ilmoitettu tyyppirakeisuus ruskealla.

Taulukossa 17 on esitetty kasalta ja rakenteesta 100 mm paksuudelta otetuista näytteistä määritetyt litteysluvut. Litteyslukuarvot täyttävät asetetut vaatimukset, mutta kiviainestoimittajan suoritustasoilmoituksesta puuttuu litteysluku. Taulukossa 18 on esitetty näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen. Vedenimeytymiskokeiden tulosten perusteella materiaali täyttää kantavan kerroksen materiaalille asetetut vaatimukset ja kiviainestoimittajan suoritustasoilmoitus pitää paikkansa.

Taulukko 17. Hankkeelta K4 otetuista näytteistä määritetyt litteysluvut.

	Näyte	Litteysluku
Kasa	1	30
	2	25
	3	29
	4	32
Rakenne	1	24
	2	21
	3	19
	4	18
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>Ei ilmoitettu</b>
<b>Vaatus</b>	<b>Fl<sub>50</sub></b>	<b>Fl &lt; 50</b>

Taulukko 18. Hankkeelta K4 otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen.

	Näyte	Kiintotiheys (Mg/m <sup>3</sup> )	Vedenimeytyminen (%)
Kasa	1	2,82	0,12
	2	2,82	0,13
	3	2,82	0,13
	4	2,81	0,2
Rakenne	1	2,86	0,13
	2	2,84	0,15
	3	2,82	0,17
	4	2,83	0,12
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>2,83</b>	<b>WA<sub>24</sub> &lt; 0,2 %</b>
<b>Vaatus</b>		<b>-</b>	<b>WA<sub>24</sub> &lt; 1 %</b>

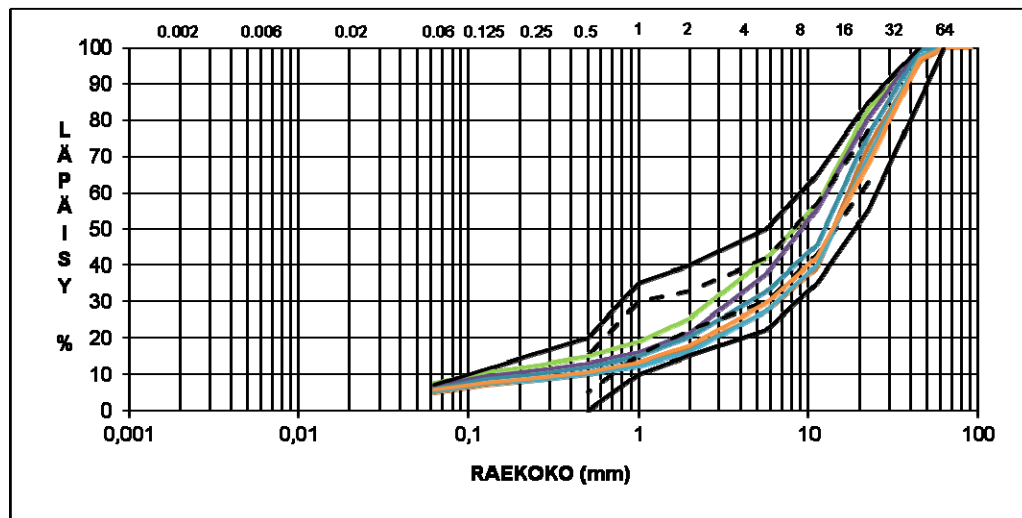
Taulukkoon 19 on koottu hankkeelta K4 otettujen näytteiden iskunkestävyyskokeiden tulokset. Tulosten perusteella materiaali täyttää asetetut vaatimukset. Kiviainestoitamittajan suoritustasoilmoituksessa ilmoittama luokka pitää paikkansa, tutkimuksessa rakenteesta saatiin jopa aavistuksen parempi luokka, mutta ero on hyvin pieni.

Taulukko 19. Hankkeelta K4 otetuista näytteistä määritetyt iskunkestävyyskokeiden tulokset.

	Näyte	Los Angeles-luku
Kasa	5	16
	6	16
	7	15
	8	16
Rakenne	5	14
	6	14
	7	14
	8	14
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>LA<sub>20</sub></b>
<b>Vaatus</b>	<b>LA<sub>30</sub></b>	<b>LA &lt; 30</b>

## 4.5 Kohde K5

Kohde on Liikenneviraston hanke, jossa kantavan kerroksen murske hankitaan kiviainestoimittajilta. Kantavan kerroksen materiaali on KaM 0/45 mm. Kohteesta on haettu näytteitä toukokuussa 2015. Kohteessa on kokeiltu kantavan kerroksen näytteenottotapaa, jossa vain osasta näytteitä määritetään rakeisuusjakauma, ja valtaosasta näytteistä pelkästään hienoainespitoisuus. Varsinaisia rakeisuusnäytteitä on otettu yhteensä 6 kpl. Kuvassa 26 on esitetty kaikkien otettujen rakeisuusnäytteiden raekokojakaumat. Kuvasta havaitaan, että rakeisuus vaihtelee jonkin verran urakan alueella, mutta materiaali on suhteellisen hyvää. Kuvassa 26 esitettyä hajontaa voidaan pitää normaalina, kun näytteet on otettu tietyin välein jonkin ennalta määrätyn paalulukeman kohdalta ilman, että näytteenotossa on huomioitu rakenteessa olevaa paikallista rakeisuusvaihtelua.



Kuva 26. Hankkeelta K5 tiivistetyn kantavan kerroksen pinnasta 150 mm paksuudelta otettujen varsinaisten rakeisuusnäytteiden raekokojakaumat.

Kohteessa otettiin yhtä varsinaista rakeisuusnäytettä kohti aina kolme näytettä, joista selvitettiin pelkästään hienoainespitoisuus. Varsinainen rakeisuusnäyte täyttää näytteenottostandardin (SFS-EN 932-1) vaatimukset, tässä tapauksessa otettu näyte oli vähintään 80 kg, josta jaettiin seulontaa varten vähintään 40 kg:n osanäyte. Hienoainenäyte oli yksi sangollinen, eli noin 12-15 kg. Hienoainenäytteet TG4-TG12 on otettu siten, että suhteessa varsinaiseen rakeisuusnäytteeseen ne sijaitsevat muutamien metrin matkalla kuvassa 27 esitetyn mukaisesti. Näytteet TG19-TG27 on otettu siten, että etäisyys näytteiden välillä on ollut 100 m. Tulokset ovat tuloksinvaraisia. Ensiksi hienoainespitoisuudessa on joissakin tapauksissa kohtuullisen suuriakin eroja, vaikka näytteet on otettu läheltä toisiaan. Toiseksi, ei ole havaittavissa trendiä, jonka mukaan esim. kolmen hienoainespitoisuusnäytteen keskiarvo olisi aina vertailukelpoinen varsinaisen rakeisuusnäytteen hienoainespitoisuuden kanssa. Kun näytteet on otettu läheltä toisiaan, on hienoainenäytteiden keskimääräinen hienoainespitoisuus pienempi kuin varsinaisen rakeisuusnäytteen vastaava. Toisaalta taas kun näytteet on otettu 100 m välein, on hienoainenäytteiden hienoainespitoisuus aina suurempi kuin varsinaisen rakeisuusnäytteen hienoainespitoisuus. Kolmanneksi, muutokset ja erot eivät näytä korreloivan hienoainespitoisuuden absoluuttiarvon kanssa. Jotta näytteenottomenetelmä voitaisiin verifioida ohjeeksi, täytyy kerätä lisää dataa.

Taulukko 20. Kohteesta K5 otettujen hienoainesnäytteiden hienoainespitoisuudet.

Näyte	Hienoainespitoisuus (%)	Kolmen hieno- ainesnäytteen keskiarvo (%)	Varsinaisen rakeisuus- näytteen tulos (%)
TG4	6,1	6,8	7,4
TG5	7,3		
TG6	7,0		
TG7	4,7	5,1	6,7
TG8	5,3		
TG9	5,4		
TG10	5,1	5,6	6
TG11	5,6		
TG12	6,0		
TG19	5,5	6,2	4,8
TG20	6,7		
TG21	6,4		
TG22	7,4	6,8	5,1
TG23	4,9		
TG24	8,1		
TG25	7,8	6,5	5,5
TG26	6,5		
TG27	5,3		



*Kuva 27. Hienoainesnäytteiden ottamismenetelmä varsinaisen rakeisuusnäytteen läheisyydestä. Varsinainen rakeisuusnäyte on otettu kuvassa peitetystä kuopasta kahden sangon välissä.*

Vuonna 2014 tehtyjen kokeiden perusteella todettiin, että materiaalien vedenimeytymisominaisuudet ja litteysluvut pitivät keskimäärin paikkansa kiviainestoimittajien suoritustasoilmoitusten kanssa, joten vuonna 2015 testattiin näitä ominaisuuksia vain kolmesta rakeisuusnäytteestä. Niin ikään havaittiin, että seulotusta 8/16 mm materiaalissa on keskimäärin vähän vaihtelua, kun mitataan materiaalin iskunkestävyyttä. Iskunkestävyydessä oli kyllä laatuvarioita. Tämän vuoksi vuoden 2015 tutkimuksissa otettiin vain kolme näytettä iskunkestävyysskoiteita varten. Yhteenveto muista kuin rakeisuustuloksista on esitetty taulukossa 21. Materiaali vastaa kiviainestoimittajan suoritustasoilmoitusta, mutta suoritustasoilmoituksessa ei ole ilmoitettu litteyslukua.

InfraRYLissä esitettyjen vaatimusten lisäksi haluttiin testata kiviaineksen kulutuskestävyyttä hiovaa kulutusta simuloivan microDeval-kokeen avulla. Kiviaineksen hiovan kulutuksen kesto saattaa olla tärkeä ominaisuus tierakenteen pitkäaikaisen kestävyyskannalta varsinkin ohutpäällysteisillä teillä. Kohteessa testattu kiviaines näyttää kestävän kohtuullisesti myös hiovaa kulutusta.

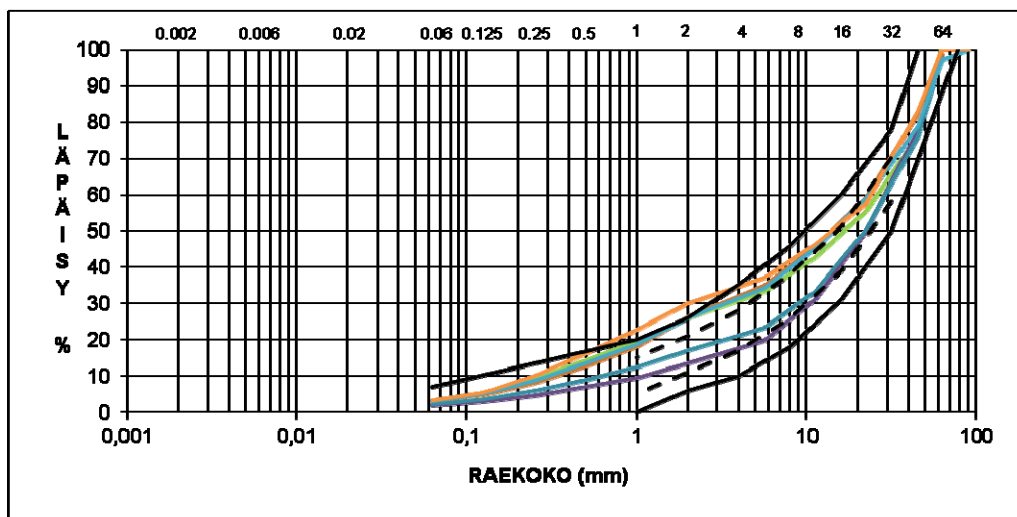
*Taulukko 21. Kohteen K5 koetulosten yhteenveto.*

	Näyte	Tulos
<b>Kiintotiheys</b>	1,2,3	<b>2,76</b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>2,75</b>
<b>Vedenimeytyminen</b>	1,2,3	<b>0,3</b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>1</b>
<b>Vaatus</b>		<b>&lt; 1</b>
Litteysluku	1	22
	2	24
	3	17
<b>Luokka</b>		<b>FL<sub>25</sub></b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>ei ilmoitettu</b>
<b>Vaatus</b>		<b>FL<sub>50</sub></b>
Los Angeles -luku	4	20
	5	20
	6	20
<b>Luokka</b>		<b>LA<sub>20</sub></b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>LA<sub>20</sub></b>
<b>Vaatus</b>		<b>LA<sub>30</sub></b>
microDeval	7	13
	8	12
<b>Luokka</b>		<b>m<sub>DE</sub> 14</b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>ei ilmoitettu</b>
<b>Vaatus</b>		<b>-</b>

## 4.6 Kohde K6

Kohde on ELY-keskuksen hanke, johon kiviaines on hankittu urakka-alueen ulkopuolelta. Kohteessa on haettu näytteistä toukokuussa 2015. Kantavan kerroksen materiaali oli o/56 SrM. Kohteessa on otettu hienoaines- ja rakeisuusnäytteitä samaan tapaan kuin kohteessa K5. Kuvassa 28 on esitetty varsinaisten rakeisuusnäytteiden raekokojakaumat. Yhdessä näytteessä on havaittavissa pieni ”hiekkapatti” eikä se täytä rakeisuusvaatimusta. Samantyyppinen rakeisuuskäyrän muoto on lievempänä myös kolmessa muussa näytteessä, kun taas kahden näytteen rakeisuuskäyrä oli roikkuva. Tällainen vaihtelu on merkki materiaalin lajittumisesta, joka oli myös työmaalla visuaalisesti havaittavissa.





Kuva 28. Hankkeelta K6 tiivistetyn kantavan kerroksen pinnasta 150 mm paksuudelta otettujen varsinaisten rakeisuusnäytteiden raekokojakaumat.

Hienoainesnäytteiden tulokset on esitetty taulukossa 22. Myöskään tällä kohteella ei havaittu selvää trendiä hienoainesnäytteen hienoainespitoisuuden ja varsinaisen rakeisuusnäytteen hienoainespitoisuuden välillä. Erot kolmen hienoainesnäytteen keskimääräisen hienoainespitoisuuden ja varsinaisen näytteen hienoainespitoisuuden välillä ovat tosin jonkin verran pienempiä kuin kohteessa K5, mutta tämä johtuu todennäköisimmin alhaisemmasta hienoainespitoisuuden absoluuttitasosta.

Taulukko 22. Kohteesta K6 otettujen hienoainesnäytteiden hienoainespitoisuudet.

Näyte	Hienoainespitoisuus (%)	Kolmen hienoainesnäytteen keskiarvo (%)	Varsinaisen rakeisuusnäytteen tulos (%)
TH4	3,1	2,6	3,2
TH5	2,6		
TH6	2,3		
TH7	2,8	2,7	1,9
TH8	2,7		
TH9	2,5		
TH10	2,4	2,7	2,2
TH11	3,1		
TH12	2,5		
TH19	3,1	3,3	2,9
TH20	3,4		
TH21	3,1		
TH22	3,3	3,2	3,0
TH23	2,9		
TH24	2,9		
TH25	2,7	2,5	3,0
TH26	2,6		
TH27	2,4		

Kohteesta K6 ei ollut käytössä materiaalin suoritustasoilmoitusta, ainoastaan yksi Los Angeles -testin tulos toimitettiin tutkimuksen käyttöön. Tämän kokeen tulos oli tismalleen kantavalle kerrokselle sallitulla rajalla eli 30. Taulukossa 23 on esitetty yhteenveto kohteesta K6 tehdyistä laboratoriokokeista. Tulosten perusteella materiaalin iskunkestävyys ei täytä kantavan kerroksen materiaalille asetettua vaatimusta. Muut tulokset täyttävät kantavalle kerrokselle asetetut vaatimukset.

*Taulukko 23. Kohteen K6 koetulosten yhteenveto*

	Näyte	Tulos
<b>Kiintotiheys</b>	1,2,3	<b>2,71</b>
<b>Vedenimeytyminen</b>	1,2,3	<b>0,4</b>
<b>Vaatus</b>		<b>&lt; 1</b>
Lititeysluku	1	14
	2	15
	3	17
<b>Luokka</b>		<b>FL<sub>20</sub></b>
<b>Vaatus</b>		<b>FL<sub>50</sub></b>
Los Angeles	4	30
	5	31
	6	31
<b>Luokka</b>		<b>LA<sub>35</sub></b>
<b>Ilmoitettu arvo</b>		<b>LA<sub>30</sub></b>
<b>Vaatus</b>		<b>LA<sub>30</sub></b>
microDeval	7	13
	8	14
<b>Luokka</b>		<b>m<sub>DE</sub> 14</b>
<b>Vaatus</b>		<b>-</b>

## 4.7 Kantavan kerroksen murskeiden yhteenveto

Tutkimukseen valikoituneiden hankkeiden perusteella laadunhallinnan taso on kirjava. Joissain hankkeissa laadudokumentteja ei ollut käytännössä lainkaan, joissain dokumentit taas olivat asianmukaiset ja ajantasaiset. Yhtenä suurena kehityskohteena tuli esiin suurten investointihankkeiden kiviainesten laadudokumentointi ja ylipäättään koko urakan sisältä saatavan kiviaineksen hyödyntämisen prosessi. Hankkeen alueella olevien kiviainesten laadun määrittämisen tulisi olla keskeinen osa hankkeen alkuvaihetta, jotta voitaisiin luotettavasti päättää, mihin rakennekerroksiin hankkeen alueelta saatavaa kiviainesta voidaan käyttää. On huolestuttavaa, jos investoidaan uusiin, korkealuokkaisiin väyliin eikä prosessin missään vaiheessa huomata kiviaineksen olevan esimerkiksi iskunkestävyydeltään kantavaan kerrokseen kelpaamatonta.

Toinen merkittävä havainto liittyy kantavasta kerroksesta otettaviin näytemääriin. Yleisesti ottaen näytteitä otetaan liian vähän, tai ainakin näytteiden dokumentointi on puutteellista. Tämän tutkimuksen kaltaista toimintaa jatkamalla voitaisiin saada ryhtiä sekä näytteenottoon että tulosten dokumentointiin.

Kolmas merkittävä havainto liittyy kiviainesten laatuun liittyvän dokumentaation puutteellisuuteen. Rakennustuoteasetuksen mukaisia suoritustasoilmoituksia ei saatu kaikista materiaaleista, ja lisäksi toimitetuissa dokumenteissa oli puutteita tai jopa virheitä.

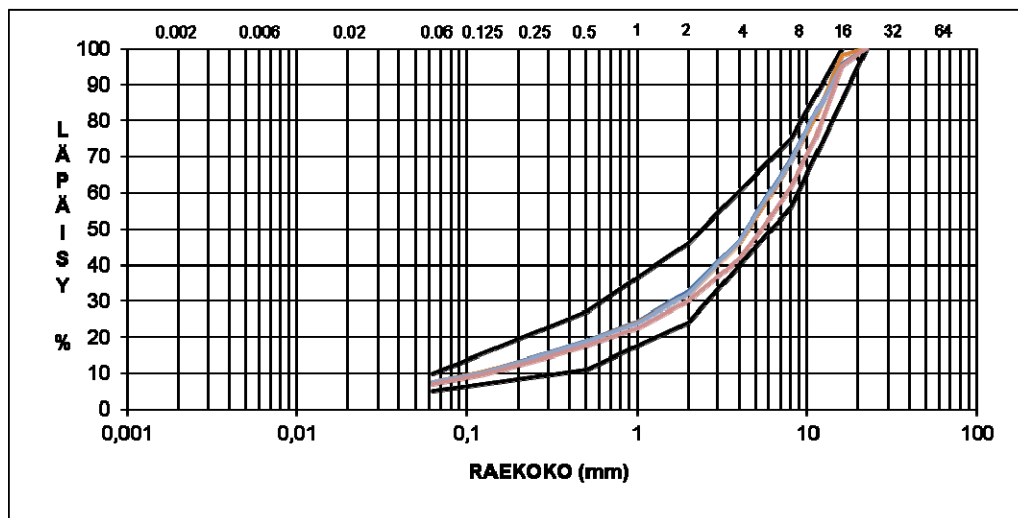
Tutkimuksessa pyrittiin kehittämään näytteenottoa urakoitsijoiden työtä helpottamaan suuntaan. Tutkimuksessa käytettyä pelkästään hienoaineksen määrän selvittämiseen tarkoitettua näytteenottomenetelmää ei pystytty verifioimaan toimivaksi, vaan näytteitä pitäisi ottaa lisää, jotta voidaan selvittää erityyppisten näytteiden keskinäinen korrelaatio.

Saatujen testitulosten ja tehtyjen havaintojen perusteella InfraRYLin lukua 21310.5.2. ehdotettiin muutettavaksi siten, että näytteitä otettaisiin 200 m välein eli 5 näytettä jokaiselta 1000 m matkalta. Samalla ehdotettiin, että kaikki otetut näytteet myös tutkitaan sen sijaan, että osa jätetään varastoon odottamaan. Myös näytteenottosyvyyttä muutettiin 150 millimetriin nykyisestä 100 millimetristä.

## 5 Päällystekiviainekset

### 5.1 Kohde P1

Kohteessa P1 on valmistettu AB16-päällystettä. Massan valmistukseen on käytetty koostekiviaineksesta. Hankkeessa on määritetty päällysteen laatuvaatimuksiksi ai-noastaan kuulamylyarvolle luokka  $A_N 10$ . Kohteella on otettu näytteitä heinäkuussa 2014. Hankkeelta ei saatu päällystemassa tai päällystekiviainesten suoritustaso-ilmoituksia. Kuvassa 29 on esitetty kohteesta otettujen rakeisuusnäytteiden raekoko-jakaumat. Näytteet ovat Asfalttinormeissa (2011) AB16- koostekiviainekselle asetetun rakeisuusvaatimuksen mukaiset.



Kuva 29. Kohteesta P1 otettujen näytteiden raekojakaumat.

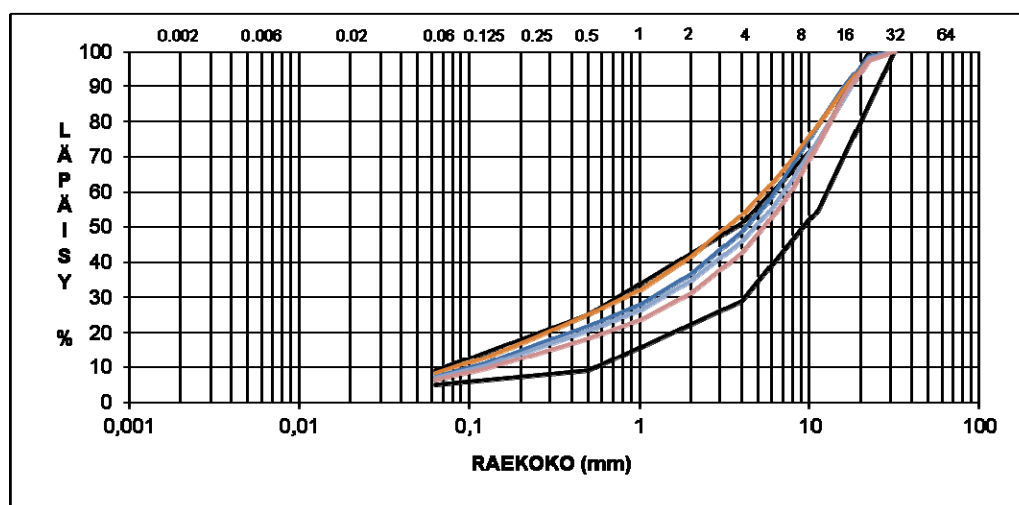
Taulukossa 24 on esitetty otettujen näytteiden litteysluvut ja kuulamylykokeiden tulokset. Materiaali kuuluu litteysluvultaan luokkaan  $Fl_{20}$ . Kuulamylyarvojen perusteella materiaali kuuluu luokkaan  $A_N 10$  ja täyttää hankkeessa asetetun vaatimuksen.

Taulukko 24. Kohteen P1 materiaalin litteysluvut ja kuulamylyarvot.

Näyte	Litteysluku
1	18
2	19
3	16
4	18
Näyte	Kuulamylyarvo
5A	8,8
5B	8,4
6A	10,2
6B	10,2

## 5.2 Kohde P2

Kohteessa P2 on valmistettu AB22 päällystettä koostekiviaineksesta. Hankkeessa on verrattu tässä tutkimuksessa otettuja näytteitä kiviaineksen valmistajan suoritustasoilmoituksessa ilmoittamiin ominaisuuksiin. Kohteesta on haettu näytteitä heinäkuussa 2014. Rakeisuusnäytteet on otettu kiviainestoimittajan toivomuksesta suoraan kauhasta. Kuvassa 30 on esitetty otettujen näytteiden rakeisuustulokset. Kiviainestoimittajan mukaan kiviaines kuuluu tyyppiin GA85<sub>AB</sub>. Yksi otetuista näytteistä on ilmoitetun alueen ulkopuolella ja toiset kaksi näytettäkin aivan rajalla 16 mm rae-koon kohdilla. Näytteenoton jälkeen kiviainestoimittaja ilmoitti havainneensa ongelman oman laadunvalvontatuloksen perusteella, tuotanto keskeytettiin ottopaikalla eikä virheellistä materiaalia päässyt asfalttimassan joukkoon.



Kuva 30. Kohteesta P2 otettujen näytteiden raekojakaumat.

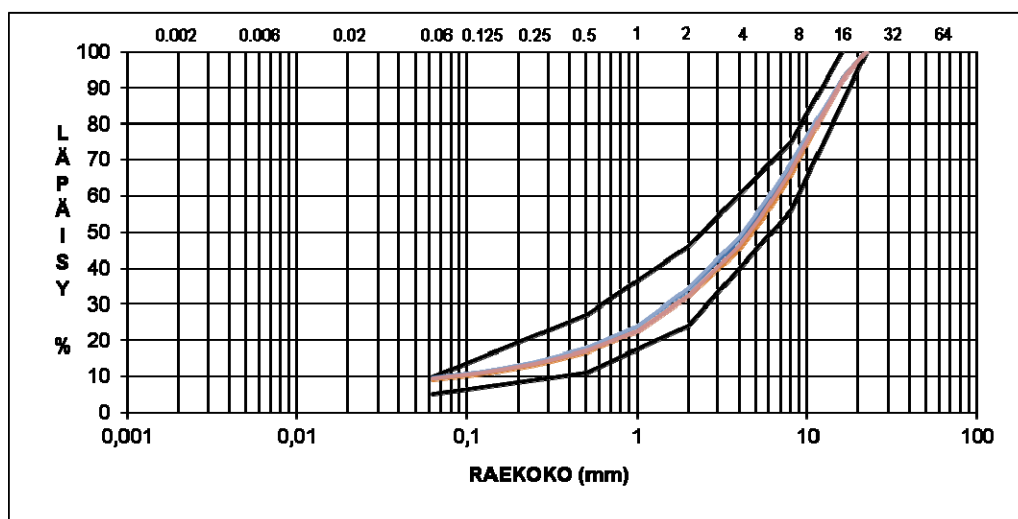
Taulukossa 25 on esitetty otettujen näytteiden litteysluvut ja kuulamylykokeiden tulokset. Materiaali kuuluu litteysluvultaan luokkaan FL<sub>15</sub> ja täyttää kiviainestoimittajan ilmoittaman arvon. Kuulamylykokeiden perusteella materiaali kuuluu luokkaan A<sub>N</sub> 14, mikä vastaa suoritustasoilmoituksessa ilmoitettua luokkaa.

Taulukko 25. Kohteen P2 materiaalin litteysluvut ja kuulamylyarvot.

	Näyte	Testitulos
Litteysluku	1	9
	2	9
	3	11
	4	8
<b>Luokka</b>		<b>FL<sub>15</sub></b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>FL<sub>20</sub></b>
Kuulamyly	5A	11,6
	5B	10,6
	6A	10,7
	6B	11,3
<b>Luokka</b>		<b>A<sub>N</sub> 14</b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>A<sub>N</sub> 14</b>
<b>Vaatus</b>		<b>A<sub>N</sub> 14</b>

## 5.3 Kohde P3

Kohteessa P3 piti tehdä AB16-päällystettä koostekiviaineksesta. Näytteenoton ja koetulosten tiedoksiannon jälkeen urakoitsijan edustaja ilmoitti, että päällyste onkin tehty lajitteista. Päällystemassan karkeana lajitteena käytetty kiviaines tosin oli peräisin samalta kiviaineksen ottopaikalta kuin testattu koostekiviaines. Kohteesta P3 on haettu näytteitä heinäkuussa 2014. Kuvassa 31 on esitetty otettujen näytteiden raekokojakaumat. Kiviainestoimittajan koostekiviaineksen suoritustasoilmoituksen mukaisesti kiviaines kuuluu rakeisuusluokkaan DG<sub>A90</sub>. Otetut näytteet täyttävät rakeisuusvaatimukset.



Kuva 31. Kohteesta P3 otettujen näytteiden raekokojakaumat.

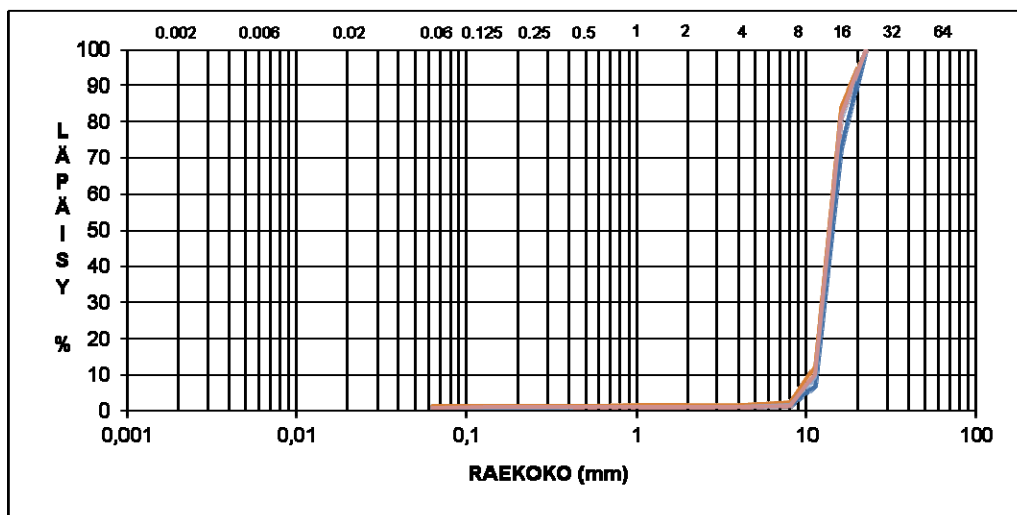
Taulukossa 26 on esitetty otettujen näytteiden litteysluvut ja kuulamylykokeiden tulokset. Materiaali kuuluu litteysluvultaan luokkaan Fl<sub>15</sub> ja täyttää kiviainestoimittajan ilmoittaman arvon. Kuulamylykokeiden perusteella materiaali kuuluu luokkaan A<sub>N</sub> 10. Tulos poikkeaa suoritustasoilmoituksessa ilmoitetusta luokasta.

Taulukko 26. Kohteen P3 materiaalin litteysluvut ja kuulamylyarvot.

	Näyte	Testitulos
Litteysluku	1	14
	2	14
	3	14
	4	14
Luokka		Fl <sub>15</sub>
Suoritustasoilmoitus		Fl <sub>15</sub>
Kuulamyly	5A	8
	5B	8,3
	6A	7,7
	6B	7,7
Luokka		A <sub>N</sub> 10
Suoritustasoilmoitus		A <sub>N</sub> 7
Vaatus		A <sub>N</sub> 7

## 5.4 Kohde P4

Kohteessa on tehty SMA16-päällystettä lajitteista. Tutkimuksessa testattiin massaan käytettyä lajitetta KaM 11/16 mm. Näytteet on otettu kesäkuussa 2014 ja saatuja tuloksia on verrattu kiviainestoimittajan suoritustasoilmoituksessa ilmoittamiin arvoihin. Kuvassa 32 on esitetty otettujen näytteiden raekokojakaumat. Koska kyseessä on karkea lajite, on rakeisuusmääritysten tulokset myös taulukkomuodossa (taulukko 27). Taulukon perusteella materiaali on vähän liian hienoa verrattuna kiviainestoimittajan ilmoittamaan rakeisuusluokkaan arvoon 16 mm lajitteen kohdalla. Asialla ei kuitenkaan ole käytännön merkitystä, koska poikkeama voidaan korjata massan suhteutuksella. Rakeisuustuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että 5,6 mm seula on puuttunut seulasarjasta tehdyissä laboratoriomäärittelyissä. Asialla ei ole kuitenkaan käytännön merkitystä.



Kuva 32. Kohteesta P4 otettujen näytteiden raekokojakaumat.

Taulukko 27. Kohteesta P4 otettujen näytteiden rakeisuusmääritysten tulokset verrattuna kiviainestoimittajan ilmoittamaan rakeisuusluokkaan.

Seula	Näytteen läpäisy %				G <sub>CA</sub> 85/15
	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	
31,5	100	100	100	100	100
22,4	100	100	100	100	98–100
16	73	84	81	82	85–99
11,2	7	12	9	10	0–15
8	1	2	1	1	
4	1	1	1	1	0–2*
2	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	
0,5	1	1	1	1	
0,25	1	1	1	1	
0,125	1	1	1	1	
0,063	1	1	1	1	

(\*: Asfalttinormeissa (2011) 5,6 mm:n seula.

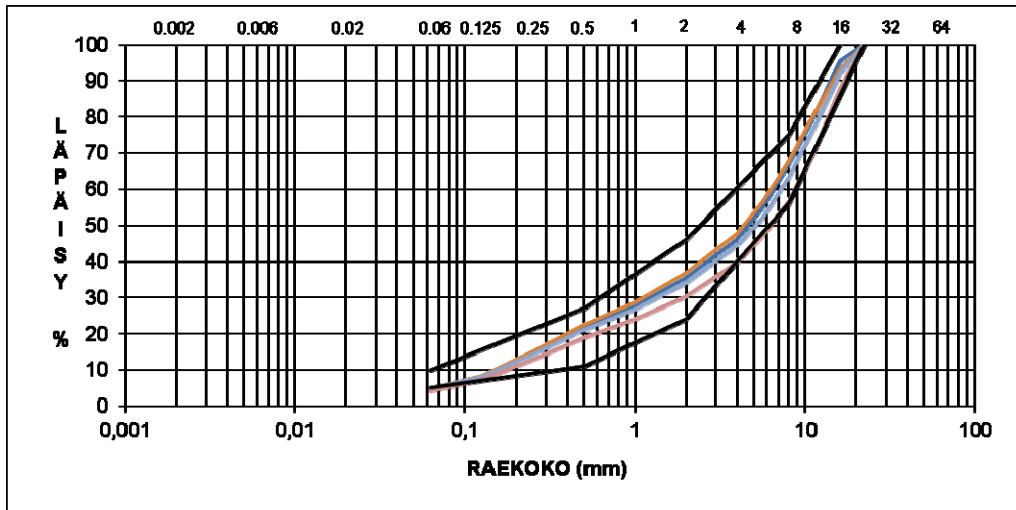
Taulukossa 28 on esitetty otettujen näytteiden litteysluvut ja kuulamylykokeiden tulokset. Materiaali kuuluu litteysluvultaan luokkaan FL<sub>15</sub> ja täyttää kiviainestoitittajan ilmoittaman arvon. Kuulamylykokeiden perusteella materiaali kuuluu luokkaan A<sub>N</sub> 10 ja vastaa kiviainestoitittajan ilmoittamaa arvoa.

Taulukko 28. Kohteen P4 materiaalin litteysluvut ja kuulamylyarvot.

	Näyte	Testitulos
Litteysluku	1	11
	2	11
	3	9
	4	11
<b>Luokka</b>		<b>FL<sub>15</sub></b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>FL<sub>15</sub></b>
Kuulamyly	5A	8,3
	5B	8,6
	6A	8,7
	6B	8,1
<b>Luokka</b>		<b>A<sub>N</sub> 10</b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>		<b>A<sub>N</sub> 10</b>
<b>Vaatus</b>		<b>A<sub>N</sub> 10</b>

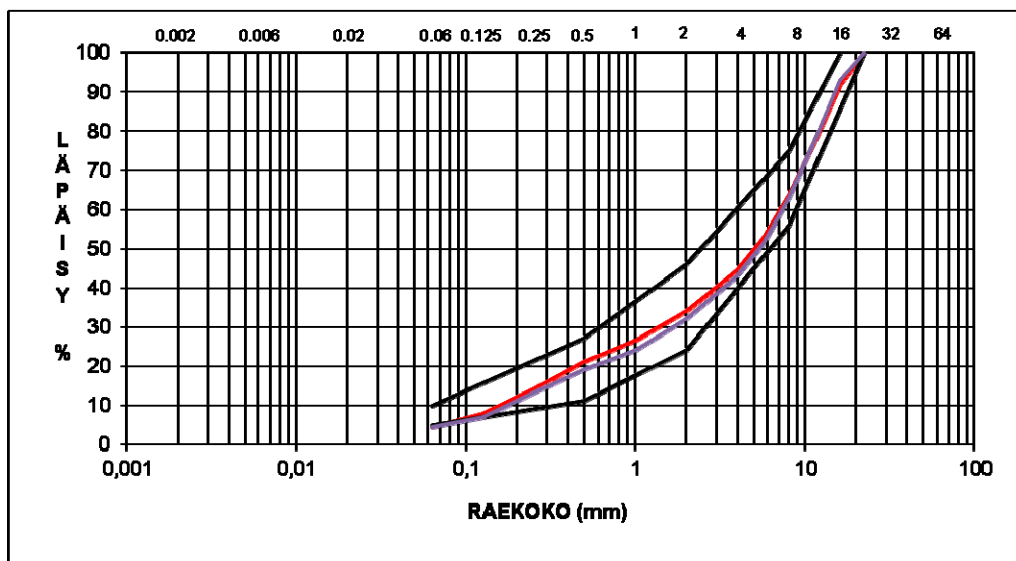
## 5.5 Kohde P5

Kohteessa oli tarkoitus tutkia SMA-päällysteessä käytettäviä kiviaineksia. Kiviainestoitittaja ohjasi näytteenottajan kuitenkin toiselle kiviaineksen ottopaikalle. Kohteessa on lopulta testattu AB16 tai PAB 16-päällysteissä käytettävää koostekiviainesta. Kohteessa on otettu näytteitä heinäkuussa 2014. Kohteessa ei ollut käytössä varsinaista suoritustasoilmoitusta, joten otettujen näytteiden tuloksia on verrattu kiviainestoitittajan muilla dokumenteilla ilmoittamiin arvoihin. Kuvassa 33 on esitetty otettujen näytteiden raekokojakaumat. Kuvassa 34 on esitetty otettujen näytteiden keskimääräinen raekokojakauma verrattuna kiviainestoitittajan ilmoittamaan tyyppirakeisuuteen. Tulokset vastaavat toisiaan hyvin.



Kuva 33. Kohteesta P5 otettujen näytteiden raekokojakaumat.





Kuva 34. Kohteesta P5 otettujen näytteiden keskimääräinen rakeisuus verrattuna kiviainestoimittajan ilmoittamaan tyyppirakeisuuteen.

Taulukossa 29 on esitetty otettujen näytteiden litteysluvut ja kuulamylykokeiden tulokset. Materiaali kuuluu litteysluvultaan luokkaan  $Fl_{15}$  ja vastaa kiviainestoimittajan ilmoittamaa arvoa. Kuulamylykokeiden perusteella materiaali kuuluu luokkaan  $A_N 19$  ja on niin ikään yhtenevä kiviainestoimittajan ilmoittaman arvon kanssa.

Taulukko 29. Kohteen P5 materiaalin litteysluvut ja kuulamylyarvot.

	Näyte	Testitulokset
Litteysluku	1	15
	2	13
	3	11
	4	11
<b>Luokka</b>		<b><math>Fl_{15}</math></b>
<b>Ilmoitettu arvo</b>		<b><math>Fl_{15}</math></b>
Kuulamyly	5A	16,3
	5B	17,0
	6A	16,2
	6B	16,3
<b>Luokka</b>		<b><math>A_N 19</math></b>
<b>Ilmoitettu arvo</b>		<b><math>A_N 19</math></b>
<b>Vaatus</b>		<b><math>A_N 19</math></b>

## 5.6 Päälystekiviainesten yhteenveto

Materiaalit vastasivat pääosin suoritusasoilmoituksissa ilmoitettuja materiaaleja eli laadunhallinnan taso on periaatteessa hyvä, vaikka joissain tapauksissa suoritusasoilmoituksissa esiintyikin pieniä puutteita. Kiviainestoimittajien ja urakoitsijoiden oma laadunvalvonta ja sen aiheuttamat korjaustoimenpiteet olivat kuitenkin useissa hankkeissa niin dynaamisia, että tämän tutkimuksen tuloksia ei päästy kunnolla vertaamaan suoritusasoilmoituksissa ilmoitettuihin arvoihin.

Yhdessä hankkeessa koko käytettävä kiviaines vaihtui näytteenoton ja päällystyksen välillä, vaikka näytteet haettiin asfalttiasemalta päivää ennen massan valmistuksen aloittamista. Toisessa kohteessa kiviainestoimittajan omassa laadunvalvonnassa havaittiin poikkeama välittömästi tämän tutkimuksen näytteenoton jälkeen. Kolmannessa kohteessa kiviainestoimittaja opasti näytteenottajan sellaiselle kiviaineksen otto paikalle, jota ei ollut tarkoitettu tutkimuksen kohteena olleeseen kerrokseen. Tällä ottopaikalla ei tuotettu lainkaan tutkimukseen haluttuja korkealuokkaiseen päällysteeseen käytettäviä kiviaineita.

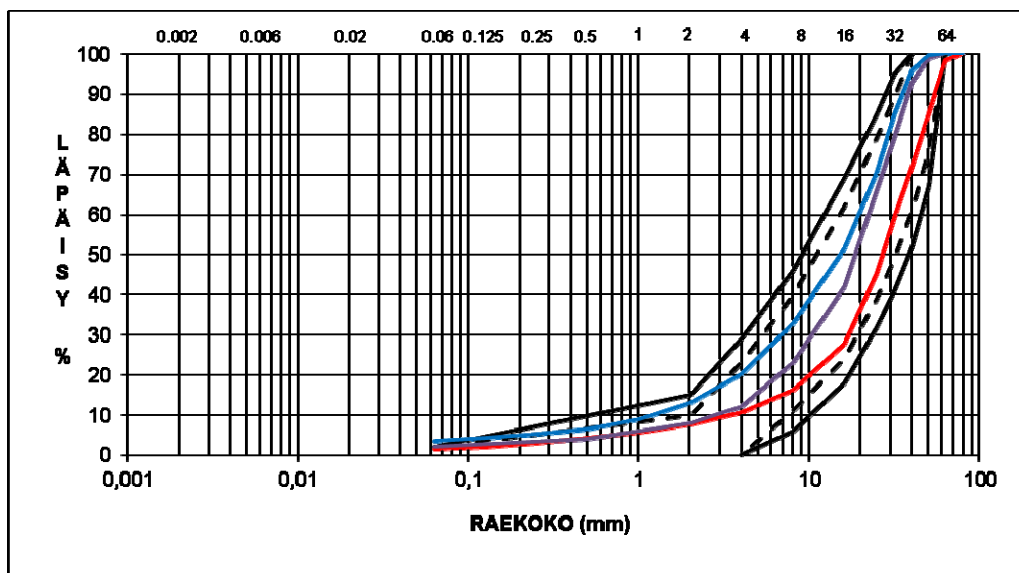
Kokemusten perusteella päällystekiviaineita olisi hyvä testata myös tulevaisuudessa. Tutkimukset pitäisi pystyä organisoimaan tilaajan kanssa siten, että kiviainenäytteet haettaisiin mahdollisimman lähellä massan valmistusta ja vähintään sen jälkeen, kun massan laatudokumentit on toimitettu tilaajalle.

## 6 Ratarakenteissa käytettävien materiaalien tutkimustulokset

### 6.1 Eristys- ja välikerroksen kalliomurske

#### 6.1.1 Kohde A

Kohteessa on tehty ratapihan korjaustoimenpiteitä. Alusrakennemateriaalina on käytetty kalliomursketta. Työmaalle oli ajettu kahta eri mursketta. Materiaalista RA normaalit näytemäärät, mutta materiaalista RB otettiin vain kolme rakeisuus näytettä, joista otettiin seulonnan jälkeen talteen 8/16 mm lajite ja määritettiin yksi Los Angeles-luku. Näytteet on otettu marraskuussa 2014. Kuvassa 35 on esitetty otetuista näytteistä määritetyt keskimääräiset rakeisuusjakaumat sekä kiviainestoimittajan suoritustasoilmoitus yhdelle materiaalille. Kumpikaan materiaaleista ei vastaa suoritustasoilmoituksessa ilmoitettua, lisäksi materiaali RB sisälsi liikaa hienoaainesta.



Kuva 35. Kohteesta A otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuusjakaumat; materiaali RA punaisella ja materiaali RB sinisellä. Kuvassa on esitetty lisäksi kiviainestoimittajan suoritustasoilmoituksessa ilmoittama tyyppirakeisuus violetilla.

Taulukossa 30 on esitetty kohteesta A otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen. Toimitetussa suoritustasoilmoituksessa esitetyt luokat ovat ristiriitaisia saatujen tulosten kanssa. Kiintotiheyden perusteella suoritustasoilmoitus näyttäisi olevan tehty materiaalille RB. Suoritustasoilmoitukseen merkitty vedenimeytymismäärä on liian suuri verrattuna radan alusrakenteessa käytettävälle kalliomurskeelle sallittuun arvoon  $WA_{24} < 0,5 \%$ , mutta testitulosten perusteella materiaali täyttää asetetun vaatimuksen.

Taulukko 30. Kohteesta A otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen.

Näyte	Kiintotiheys (Mg/m <sup>3</sup> )	Vedenimeytyminen (%)
RA1	2,66	0,13
RA2	2,66	0,10
RA3	2,67	0,11
RA4	2,67	0,11
RB1	2,84	0,16
RB2	2,84	0,16
RB3	2,83	0,18
<b>Vaatus</b>	-	<b>WA<sub>24</sub> &lt; 0,5 %</b>
<b>Suoritusasoilmoitus</b>	<b>2,89</b>	<b>0,90</b>

Taulukossa 31 on esitetty kohteesta A otettujen näytteiden materiaalin iskunkestävyyttä kuvaavan Los Angeles -kokeen tulokset sekä materiaalin kulutuskestävyyttä kuvaavan microDeval-kokeen tulokset. Materiaali RA ei yhden näytteen osalta täytä iskunkestävyysvaatimuksia. Toimitetussa suoritusasoilmoituksessa esitetty iskunkestävyysluokka on ristiriidassa saatujen tulosten kanssa.

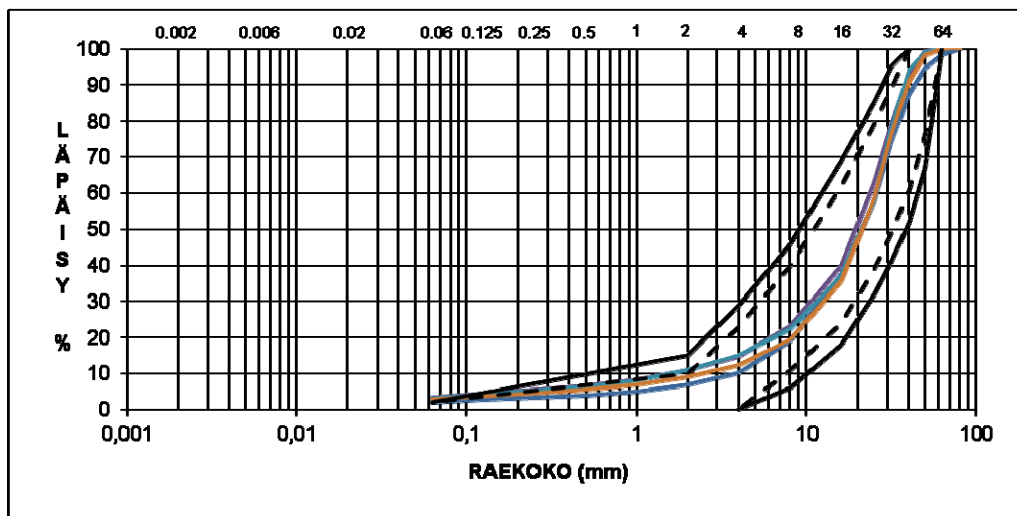
Taulukko 31. Kohteesta A otetuista näytteistä määritetyt materiaalin iskun- ja kulutuskestävyyskokeiden tulokset.

Näyte	Los Angeles -luku
RA5	26
RA6	25
RA7	25
RA8	25
RB1+RB2+RB3	13
<b>Suoritusasoilmoitus</b>	<b>LA<sub>20</sub></b>
<b>Vaatus</b>	<b>LA<sub>25</sub></b>
<b>Näyte</b>	<b>microDeval</b>
RA9	8
RA10	8
<b>Suoritusasoilmoitus</b>	<b>M<sub>DE15</sub></b>
<b>Vaatus</b>	<b>M<sub>DE15</sub></b>

### 6.1.2 Kohde B

Kohteessa on rakennettu uutta raidetta. Näytteet on otettu välikerroksen päältä. Näytteet on otettu huhtikuussa 2015. Kohteessa oli purettu esikuormituspengertä kohdilta, joista näytteitä otettiin. Urakan alueella oli käytetty useampien kiviaines-toimittajien materiaaleja ja tutkimuksen käyttöön toimitetut laatudokumentit olivat kaikkien materiaalien osalta puutteellisia, joten tässä raportissa ei esitetä vertailuja urakan laatudokumentteihin puutteista aiheutuvien epävarmuuksien takia. Kuvassa 36 on esitetty otettujen näytteiden raekokojakaumat. Kaikissa otetuissa näytteissä oli liikaa hienoaainesta. Tämä voi osaltaan johtua siitä, että samaa materiaalia on ollut näytteenottokohdan päällä esikuormituspenkereenä talven yli. Tällöin lumen sulaessa ja suotautuessa murskeen läpi sen mukana saattaa kulkeutua hienoaainesta. Olisikin

tärkeää selvittää, onko nyt havaitulla hienoainespitoisuuden kasvulla merkitystä materiaalin pitkäaikaisen käyttäytymisen kannalta etenkin routimisen näkökulmasta.



Kuva 36. Kohteesta B rakenteesta otettujen näytteiden raekokojakaumat.

Taulukossa 32 on esitetty kohteesta B otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen. Materiaali täyttää asetetut vaatimukset.

Taulukko 32. Kohteesta B otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen.

Näyte	Kiintotiheys (Mg/m <sup>3</sup> )	Vedenimeytyminen (%)
RD1	2,71	0,21
RD2	2,70	0,20
RD3	2,70	0,24
RD4	2,70	0,26
Luokka	-	WA <sub>24</sub> < 0,5 %
Vaatus	-	WA <sub>24</sub> < 0,5 %

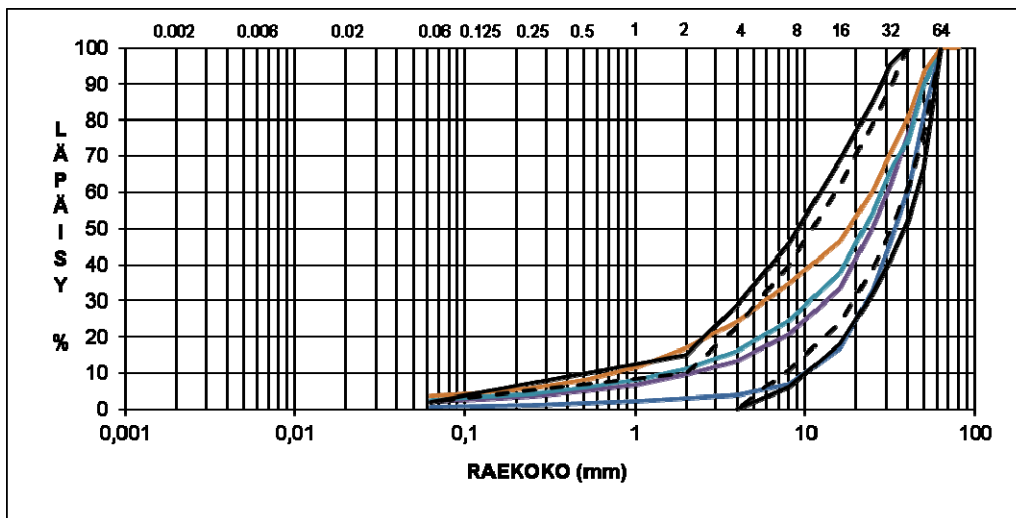
Taulukossa 33 on esitetty otettujen näytteiden iskun- ja kulutuskestävyyskokeiden tulokset. Tutkittu materiaali on näiltä osin vaatimustenmukaista.

Taulukko 33. Kohteesta B otetuista näytteistä määritetyt materiaalin iskun- ja kulutuskestävyyskokeiden tulokset.

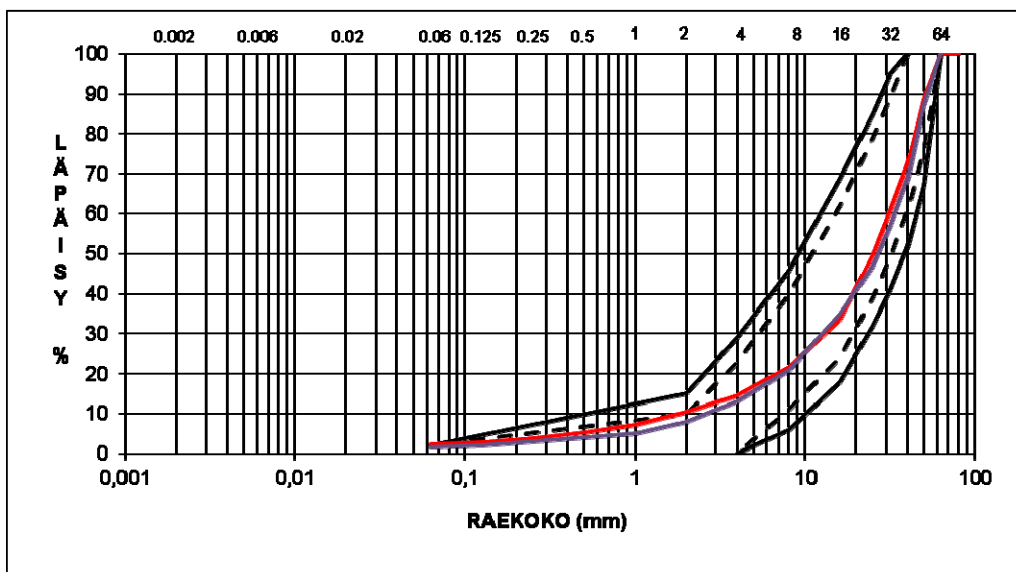
Näyte	Los Angeles -luku
RD5	16
RD6	16
RD7	16
RD8	16
Luokka	LA <sub>20</sub>
Vaatus	LA <sub>25</sub>
Näyte	microDeval
RD9	15
RD10	15
Luokka	M <sub>DE15</sub>
Vaatus	M <sub>DE15</sub>

### 6.1.3 Kohde C

Kohteessa rakennettiin uutta raidetta. Näytteet on otettu tiivistetyn välikerroksen (3 kpl) ja päällimmäisen eristyskerroksen (1 kpl) päältä. Urakoitsija otti rinnakkaisnäytteitä samanaikaisesti tutkimukseen liittyvän näytteenoton kanssa, mutta niiden tuloksia ei ole saatu tutkimuksen käyttöön. Materiaalin suoritustasoilmoitus kuitenkin saatiin tutkimuksen käyttöön. Kuvassa 37 on esitetty kohteesta C otettujen näytteiden rakeisuusjakaumat. Yksittäisten näytteiden välillä on suuri hajonta, osa näytteistä on jostakin kohdasta liian hienorakeista ja yksi näyte liian karkearakeinen. Myös hienoainespitoisuus on niin yksittäisissä näytteissä kuin keskimäärinkin hieman liian suuri. Rakeisuuden suuri vaihtelu voi johtua työteknisistä virheistä esimerkiksi materiaalin kuormauksessa, kuljettamisessa tai levityksessä. Keskimäärin otettujen näytteiden rakeisuus kuitenkin vastaa muutoin urakoitsijan ilmoittamaa tyyppirakeisuutta, mutta hienoainespitoisuus on hieman liian suuri (kuva 38).



Kuva 37. Kohteesta C otettujen näytteiden raekokojakaumat.



Kuva 38. Kohteesta C otettujen näytteiden keskimääräinen raekokojakauma punaisella ja urakoitsijan suoritustasoilmoituksessa ilmoittama tyyppirakeisuus violetilla kuvattuna.

Taulukossa 34 on esitetty kohteesta C otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen. Materiaali täyttää asetetut vaatimukset. Taulukossa 35 on esitetty otettujen näytteiden iskun- ja kulutuskestävyyskokeiden tulokset. Tutkittu materiaali on näiltä osin vaatimustenmukaista. Kaikki tutkimustulokset ovat myös yhteneväisiä kiviainestoimittajan suoritustasoilmoituksessa ilmoitettujen arvojen kanssa.

*Taulukko 34. Kohteesta C otetuista näytteistä määritetyt kiviaineksen kiintotiheys ja vedenimeytyminen.*

Näyte	Kiintotiheys (Mg/m <sup>3</sup> )	Vedenimeytyminen (%)
RE1	2,83	0,14
RE2	2,85	0,16
RE3	2,86	0,09
RE4	2,84	0,08
<b>Vaatus</b>	-	<b>WA<sub>24</sub> &lt; 0,5 %</b>
<b>Suoritustasoilmoitus</b>	<b>2,84</b>	<b>W<sub>CM</sub> 0,5 %</b>

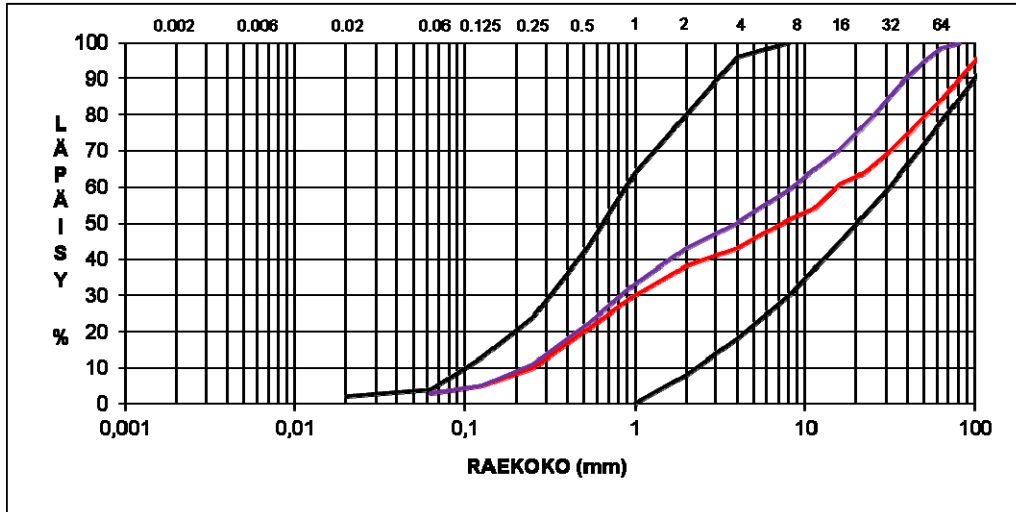
*Taulukko 35. Kohteesta C otetuista näytteistä määritetyt materiaalin iskun- ja kulutuskestävyyskokeiden tulokset.*

Näyte	Los Angeles -luku
RE5	13
RE6	13
RE7	12
RE8	12
<b>Suoritustasoilmoitus</b>	<b>LA<sub>15</sub></b>
<b>Vaatus</b>	<b>LA<sub>25</sub></b>
Näyte	microDeval
RE9	6
RE10	6
<b>Suoritustasoilmoitus</b>	<b>M<sub>DE10</sub></b>
<b>Vaatus</b>	<b>M<sub>DE15</sub></b>

## 6.2 Alusrakennekerroksissa käytetyt luonnonmateriaalit

### 6.2.1 Kohde D

Kohteessa D korjattiin liikennepaikkaa. Kohteessa käytettiin alusrakennekerrosten materiaalina luonnonsoraa. Rakeisuusnäytteitä otettiin 6 kpl, 3 kpl valmiin eristyskerroksen ja 3 kpl valmiin välikerroksen päältä 250 mm kerrospaksuudelta. Näytteet on otettu heinäkuussa 2015. Kuvassa 39 on esitetty otettujen näytteiden keskimääräinen rakeisuus. Keskimääräistä rakeisuutta on verrattu kiviainestoimittajalta saatun rakeisuuskäyrään. Merkittävin ero näiden välille syntyy kiviainestoimittajan käyttämästä määrittelystä, luonnonsora on määritelty Sr 0/125 mm. Tutkituissa näytteissä ei kuitenkaan ollut yli 100 mm rakeita. Tutkittujen näytteiden perusteella materiaali täyttää InfraRYLissä välikerrokselle asetetut rakeisuusvaatimukset. Kiviainestoimittajan toimittamassa vertailukäyrässä oli sen sijaan merkitty rakeisuusalue virheellisesti.



Kuva 39. Kohteesta D otettujen näytteiden keskimääräinen raekokojakauma violetilla ja kiviainestoimittajan toimittama vertailukäyrä punaisella kuvattuna. Radan välikerroksessa käytettävälle luonnonmateriaalille Infra-RYL:ssä asetetut vaatimukset on kuvattu mustalla.

Näytteenoton yhteydessä havaittiin myös puutteita tai keskeneräisyyttä rakenteen tiivistystuloksessa. Kuvassa 40 on esitetty valmista välikerroksen pintaa kohteelta. Materiaalia ei ole tiivistetty kunnolla, koska jopa kengänjälki jää kerroksen pintaan selvästi näkyviin. Työmaalla ei myöskään näytteenottohetkellä ollut tärylevyn lisäksi muuta tiivistyskalustoa. Myöskään kuivatuksesta ei ollut huolehdittu asianmukaisesti alusrakennekerroksia tehtäessä (kuva 41).





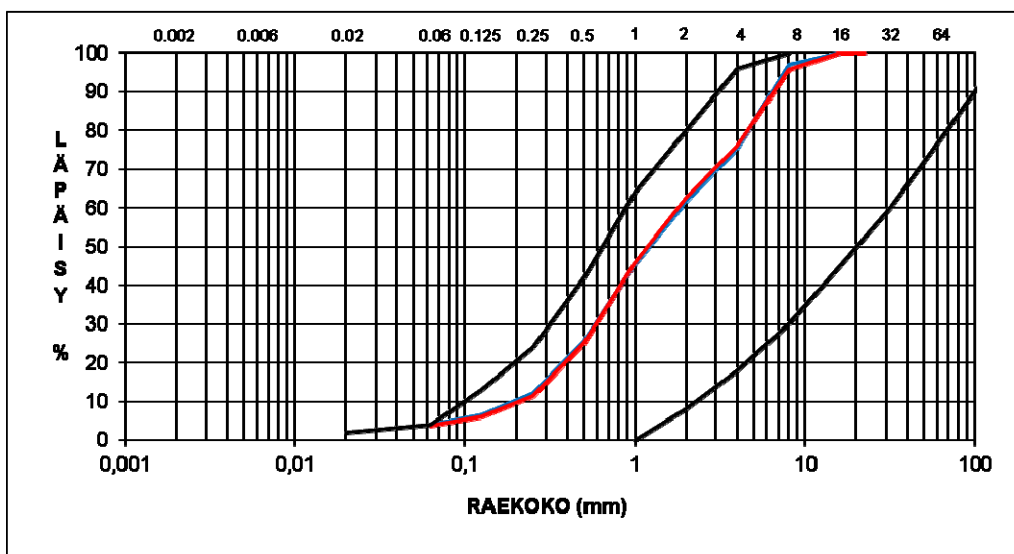
Kuva 40. Valmista välikerroksen pintaa kohteessa D.



Kuva 41. Tiivistettyä eristyskerrosta kohteessa D. Vesi suotautui paikoin alhaalta-päin rakenteen pintaan.

## 6.2.2 Kohde E

Kohteessa E uusittiin rumpuja kahdessa eri paikassa. Molemmissa paikoissa alusrakennekerrosten materiaalina käytettiin urakoitsijan ilmoituksen mukaan soraista hiekkaa. Alusrakennäytteen lisäksi kohteesta otettiin rakeisuusnäytteitä rumpujen arinatäyttöihin käytetystä kalliomurskeesta. Näytteet on otettu heinäkuussa 2015. Kuvassa 42 on esitetty otettujen hiekanäytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali täyttää välikerrokselle asetetun rakeisuusvaatimukset, mutta karkeammissa rakeissa oli paljon murtopintaaisuutta (kuva 43). Tämä saattaa osoittaa, että kyseessä ei olekaan luonnonmateriaali, vaan murskaamalla tuotettu materiaali. Jos näin on, kohteissa käytetty materiaali ei kelpaa alusrakennekerrokseen.



Kuva 42. Kohteesta E otettujen näytteiden keskimääräiset rakeisuudet. Materiaali RG punaisella ja materiaali RH sinisellä. Radan välikerroksessa käytettävälle luonnonmateriaalille InfraRYLissä asetetut vaatimukset on kuvattu mustalla.



Kuva 43. Otettujen näytteiden karkeat rakeet olivat murtopintaisia.

Yhdestä näytteestä määritettiin murtopintaisten rakeiden takia kiviaineksen kiinto-  
tiheys ( $2,66 \text{ Mg/m}^3$ ) ja vedenimeytyminen ( $WA_{24} 0,4 \%$ ), joten materiaali periaattees-  
sa täyttää vedenimeytymiselle asetetun vaatimuksen. Tutkittu materiaali oli kuitenkin  
liian hienorakeista, eristys- ja välikerrosmurskeen vedenimeytymiskoe tulisi tehdä  
lajitteesta 4/31,5 mm.

### 6.2.3 Kohde F

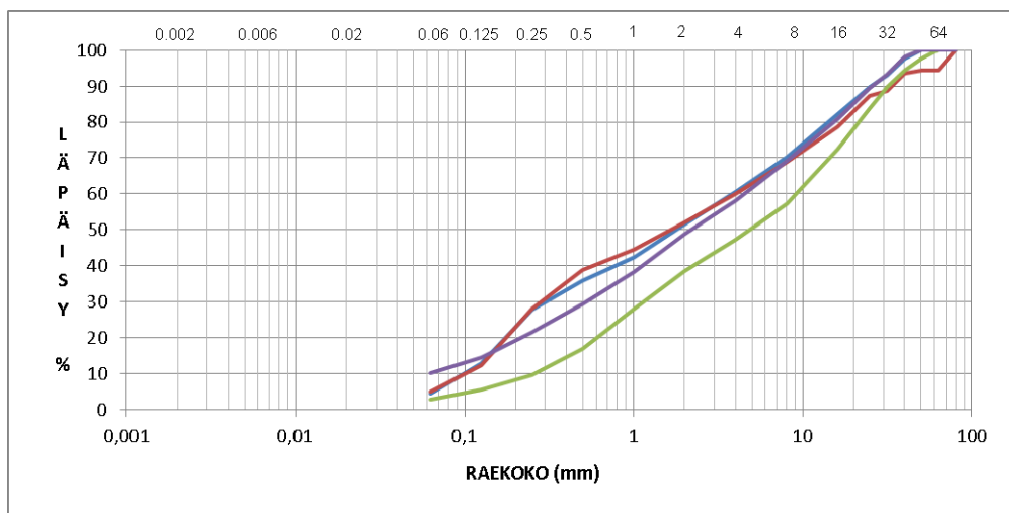
Kohteessa tehtiin vaihteiden vaihtoja yhden ratapihan alueella. Näytteitä otettiin  
kolmen vaihteen alta. Näytteet on otettu taulukossa 36 esitetyn mukaisesti. Näytteet  
on otettu vanhasta alusrakenteesta heti päällysrakenteen vaihdon leikkaustason pin-  
nasta ja puoli metriä tämän tason alapuolelta. Yhden vaihteen alueelta on otettu aina  
kahdeksan näytettä, neljä molemmilta syvyystasoilta. Näytteet on otettu heinäkuussa  
2015.

Taulukko 36. Kohteen F näytteenoton periaate.

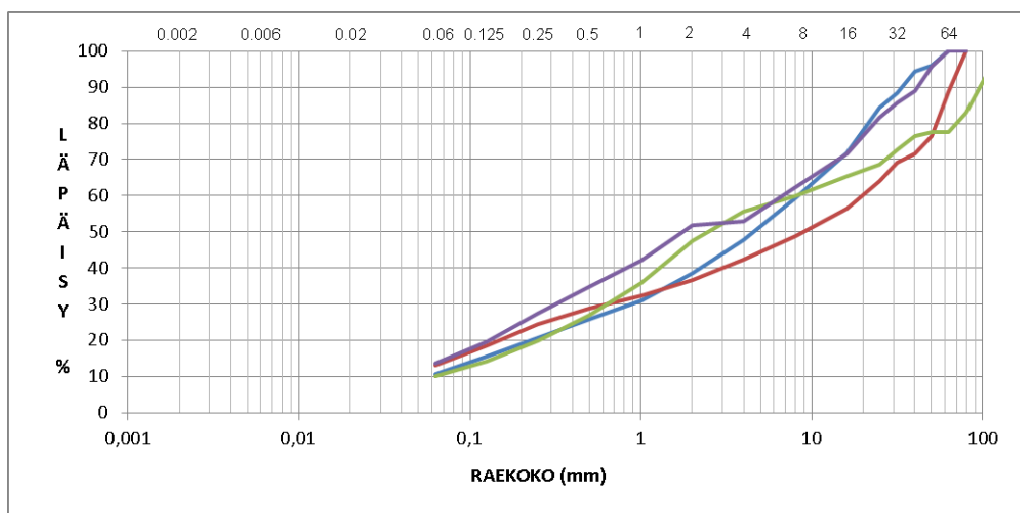
Näyte	Vaihde	Syvyys	Kohta
RI1	V1	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Takajatkos
RI2	V1	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Takajatkos
RI3	V1	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Risteys
RI4	V1	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Risteys
RI5	V1	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Takajatkos
RI6	V1	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Takajatkos
RI7	V1	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Risteys
RI8	V1	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Risteys
RI9	V2	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Takajatkos
RI10	V2	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Takajatkos
RI11	V2	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Risteys
RI12	V2	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Risteys
RI13	V2	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Takajatkos
RI14	V2	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Takajatkos
RI15	V2	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Risteys
RI16	V2	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Risteys
RI17	V3	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Takajatkos
RI18	V3	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Takajatkos
RI19	V3	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Risteys
RI20	V3	Kv - 0,55 ... -0,7 m	Risteys
RI21	V3	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Takajatkos
RI22	V3	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Takajatkos
RI23	V3	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Risteys
RI24	V3	Kv - 1,0 ... -1,1 m	Risteys

Näytteistä tutkittiin materiaalin rakeisuus. Saatu rakeisuus on kuitenkin viitteellinen, sillä näytteet on otettu koekuoppamenetelmällä ottamalla sangollinen näytettä (noin 12-16 kg) jokaisesta tutkimuspisteestä. Näytemäärät eivät siis täytä standardissa SFS-EN 932-1 asetettua näytemäärää, mikäli materiaalin maksimiraekoko on yli 32 mm. Näytteenoton ensisijaisena tarkoituksena oli tuottaa tietoa vanhan radan alla olevan alusrakenteen mahdollisesta materiaalivehtelusta sekä arvioida alusrakenteiden routivuutta vaihdettavien vaihteiden alla. Kuvissa 44-49 on esitetty näytteille määritetyt rakeisuusjakaumat. Tulosten perusteella vaihtelu on kohtuullisen suurta, mutta verrattuna kohteen routatutkimuslomakkeessa ilmoitettuihin arvoihin kuitenkin pienempiä. Kohteen routatutkimus on tehty tulkitsemalla maalaji kairaustuloksesta. Jokaisen tutkimuslomakkeeseen merkityn vaihteen alueelle on tulkittu neljää eri maalajia ja kerrosrajat vaihtelevat kohtuullisen paljon. Tämä vaihtelu on todennäköisesti todellista vaihtelua, mutta osin tarpeetonta routivuuden arvioinnin kannalta. Hyödyllisempää voisi olla ottaa näytteitä tietyiltä määräsyvyyksiltä ja arvioida tällä tavoin routivien kerrosten yläpinnan sijaintia.

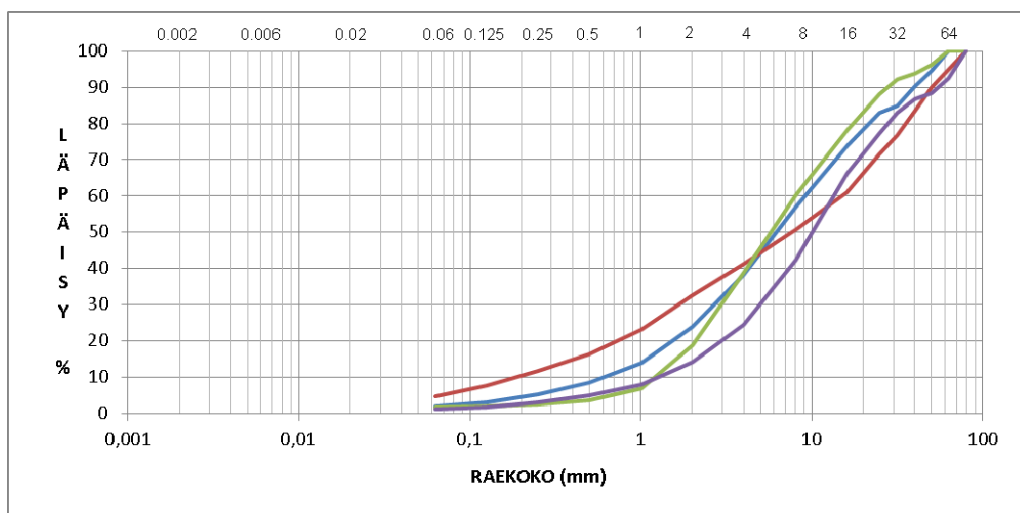




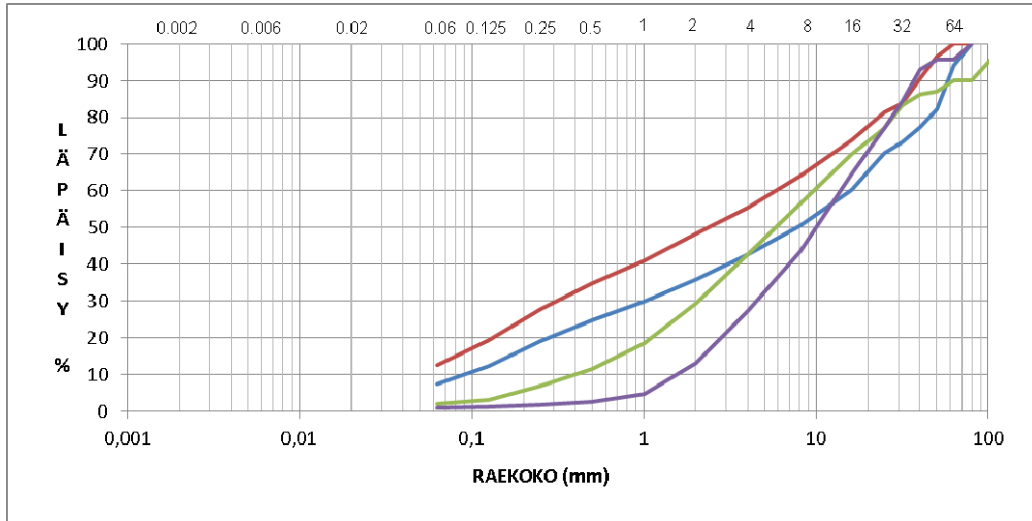
Kuva 44. Kohteesta F vaihteesta V1 tasolta Kv -0,55 ... -0,7 m otettujen näytteiden rakeisuus.



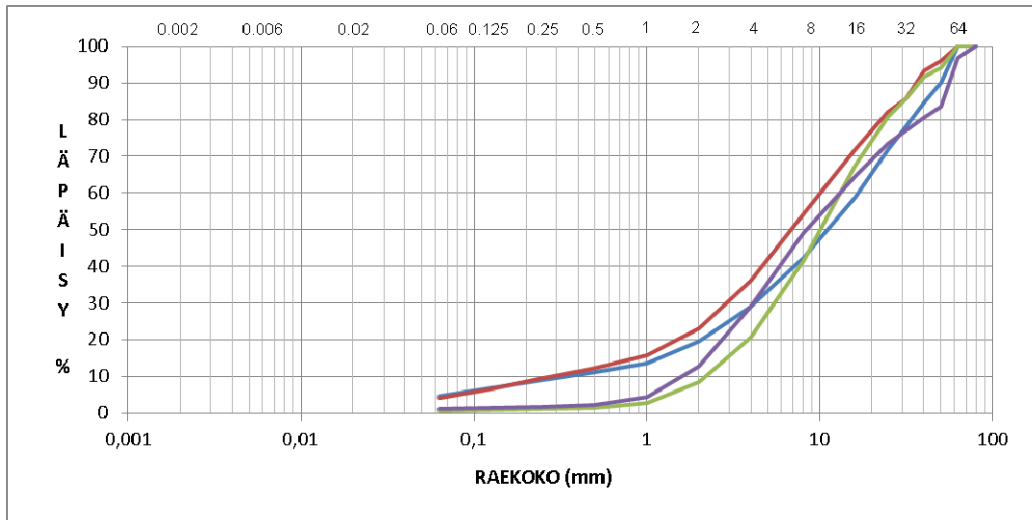
Kuva 45. Kohteesta F vaihteesta V1 tasolta Kv -1,0 ... -1,1 m otettujen näytteiden rakeisuus.



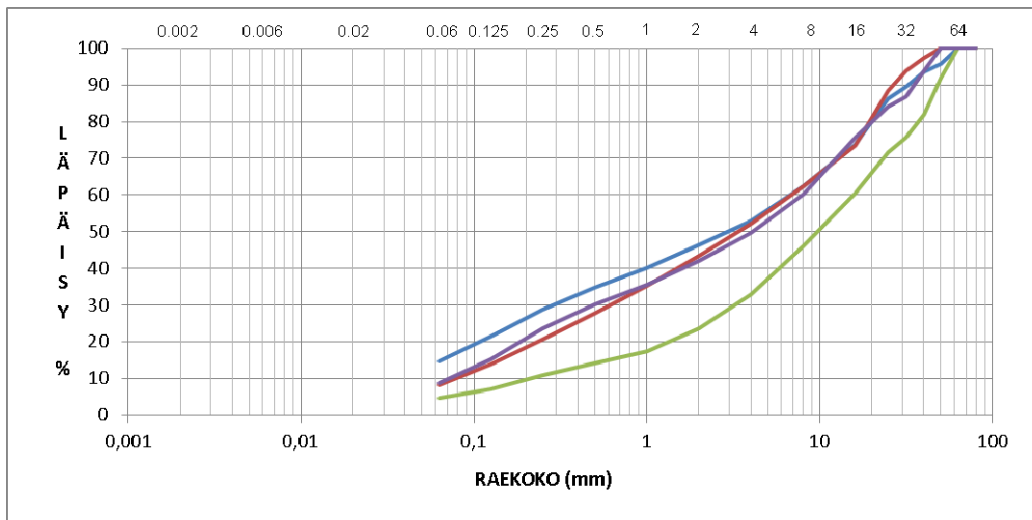
Kuva 46. Kohteesta F vaihteesta V2 tasolta Kv -0,55 ... -0,7 m otettujen näytteiden rakeisuus.



Kuva 47. Kohteesta F vaihteesta V2 tasolta Kv -1,0 ... -1,1 m otettujen näytteiden rakeisuus.



Kuva 48. Kohteesta F vaihteesta V3 tasolta Kv -0,55 ... -0,7 m otettujen näytteiden rakeisuus.



Kuva 49. Kohteesta F vaihteesta V3 tasolta Kv -1,0 ... -1,1 m otettujen näytteiden rakeisuus.

Taulukkoon 37 on koottu kohteesta F otettujen näytteiden hienoainespitoisuudet. Paikoin myös heti päällysrakenteen alapuolella on mahdollisesti routivia materiaaleja, puoli metriä päällysrakenteen alapuolella taas jokaisessa vaihteessa oli routimisherkkiä materiaaleja. Tulosten perusteella saattaisi olla järkevää ottaa näytteitä vaihdettavista vaihteista ennen vaihtoa ainakin korkealuokkaisemmilla radoilla. Tällä tavoin voitaisiin suunnitella alusrakenteen vaihto samaan katkoon vaihtenvaihdon kanssa.

*Taulukko 37. Kohteesta F otettujen näytteiden hienoainespitoisuudet. Routimisherkit näytteet merkitty punaisella, mahdollisesti routivat näytteet keltaisella. Materiaali on arvioitu routimisheräksi, jos sen hienoainespitoisuus oli > 5% ja mahdollisesti routivaksi, jos materiaalin hienoainespitoisuus oli 4...5 %.*

Näyte	Vaihde	Hienoainespitoisuus (%)	Näyte	Vaihde	Hienoainespitoisuus (%)	Näyte	Vaihde	Hienoainespitoisuus (%)
RI1	V1	4,4	RI9	V2	1,9	RI17	V3	4,8
RI2	V1	4,9	RI10	V2	4,7	RI18	V3	4,2
RI3	V1	2,9	RI11	V2	1,7	RI19	V3	0,6
RI4	V1	10,1	RI12	V2	1,1	RI20	V3	1,1
RI5	V1	10,6	RI13	V2	7,3	RI21	V3	14,7
RI6	V1	13,1	RI14	V2	12,7	RI22	V3	8,4
RI7	V1	10,1	RI15	V2	1,9	RI23	V3	4,6
RI8	V1	13,6	RI16	V2	1,0	RI24	V3	8,9

## 6.3 Radan alusrakennekerroksissa käytettävien materiaalien yhteenveto

Eri hankkeilta saadut laatudokumentit vaihtelivat tasoltaan erittäin paljon. Jostakin hankkeesta saatiin vain suullinen tieto, kun taas joissakin hankkeissa kiviaineksen laatu oli asianmukaisesti dokumentoitu. Suoritustasoilmoitukset eivät kuitenkaan aina pitäneet paikkaansa ja myös merkinnöissä oli puutteita ja myös selkeitä virheitä, jos materiaalin käytettävyyttä arvioidaan pelkän suoritustasoilmoituksen avulla.

Useammalla kohteella havaittiin osin selkeitä ja osin mahdollisia puutteita työmaatekniikassa. Tämä indikoi valvonnan puutteesta tai valvojien työskentelyn tasosta. Ratahankkeissa pitäisi olla riittävästi valvontaresursseja, mutta on epäselvää, riittääkö valvojaressurssi varsinaiseen työmaavalvontaan, vai kuormittaako dokumentointi liiaksi valvontaresursseja. Kiviainesten laadun varmistamiseksi tilaajan teettämiä kiviainestarkastuksia olisi hyvä jatkaa.

Vaihtekohteiden, samalla myös muiden pistemäisten töiden, alusrakenteiden routivuuden arviointia voitaisiin kehittää näytteenoton avulla. Voisi olla mahdollista määrittää selkeä menettelytapa, jolla alusrakenteiden routimisherkkyyttä arvioidaan. Voitaisiin määrittää jokin kriittinen taso, esim. -1,0 tai -1,5 m radan korkeusviivasta, jonka ylä- ja alapuolelta otettaisiin näytteet ja määritettäisiin hienoainespitoisuus. Routivuus voitaisiin arvioida hienoainespitoisuuden perusteella ja suunnitella tarvittaessa massan vaihto tietylle tasolle vaihtenvaihdon tai muiden pistemäisten töiden yhteydessä.

## 7 Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää erityyppisissä väylärakennushankkeissa käytettävien kiviainesten laadunhallinnan tasoa. Taulukoissa 38–41 on esitetty rakennekerroskohtaisesti tiivis yhteenveto eri hankkeilla tehdyistä havainnoista. Taulukoista voidaan havaita, että jopa rakennekerroskohtaisesti eri hankkeiden välillä oli verrattain suurta vaihtelua laadunhallinnan tasossa. Kerätyn aineiston perusteella voidaan todeta, että laadunhallinnassa ja -valvonnassa on muutamia kohtia, joihin kaikkien väylärakennushankkeissa toimivien tahojen tulisi kiinnittää huomiota.

Useissa hankkeissa rakennustuoteasetuksen mukaiset dokumentit joko puuttuivat kokonaan tai niitä ei pyynnöistä huolimatta toimitettu tutkimuksen käyttöön. On syytä korostaa, että tilaajan tai tilaajan edustajan on aina varmistuttava siitä, että rakennustuoteasetuksen mukaiset dokumentit ovat olemassa ennen kuin kiviainesta tuodaan työmaan alueelle sen ulkopuolelta. Nämä dokumentit ovat myös tärkeä työkalu tilaajalle, sillä niillä voidaan etukäteen tarkastaa kiviaineksen vaatimustenmukaisuus aiottua käyttötarkoitusta varten.

Toisaalta on syytä myös muistuttaa, että pelkkä dokumenttien olemassaolo ei takaa laadukasta lopputulosta. Osassa hankkeita otettiin näytteitä sekä kiviainestoimittajan kasalta että rakenteesta. Näistä hankkeista useammassa havaittiin kiviaineksen olevan dokumenteissa ilmoitetun mukaista, mutta rakenteesta otettujen näytteiden perusteella lopputulos ei ollut joko dokumenttien mukainen tai muutoin tasalaatuinen. Näin ollen sekä urakoitsijan oman että tilaajan puolesta tehtävän valvonnan tulisi kiinnittää huomiota myös materiaalien asianmukaiseen käsittelyyn työmaalla, jotta saavutettava lopputulos on tasalaatuinen.

Toki myös osassa kiviainestoimittajan kasalta haetuista näytteistä havaittiin laadunalituksia ja laatuvaihteluita. Näin ollen myöskään kiviainestoimittajat eivät saisi tuudittautua siihen, että esimerkiksi murskattava tuote säilyy tasalaatuksena koko murskauksen ajan. Toisin sanoen yksi rakeisuustulos ei takaa sitä, että koko murskattava erä on tämän rakeisuustuloksen mukaista. Kiviaineksen laatua täytyy tarkkailla jatkuvasti tuotantoprosessin aikana ja varmistua lopputuotteen laadusta ottamalla ja tutkimalla riittävästi näytteitä. Tuotteille ilmoitetaan yleisissä laatuvaatimuksissa (esimerkiksi InfraRYL tai Asfalttinormit) testaustiheys, mutta vaatimusasiakirjoissa ilmoitettu tiheys on minimimäärä ja joissain tapauksissa on tarpeen tarkkailla lopputuotteen laatua tiheimmin kuin vaatimuksissa on esitetty.

Edellisten seikkojen valossa tilaaja voisikin pohtia esimerkiksi rakennekerroskohtaisesti tehtävää kiviainesten vastaanottotarkastusta. Tarkastuksen avulla voitaisiin varmistua kiviaineksen laadusta ja toimitettujen dokumenttien paikkansapitävyydestä sekä kiviaineksen käsittelystä työmaalla siten, että lopputulos pysyy halutun kaltaisena ja tasalaatuksena.



## 7.1 Soratien kulutuskerrosmateriaalit

Taulukkoon 38 on koottu soratien kulutuskerrosmateriaalien yhteenveto. Keskeisin havainto valtakunnallisesti käytettävistä sorastusmurskeista oli niiden pienehkö hienoainespitoisuus. Yhdessäkään kasalta otetussa materiaalissa ei ollut keskimäärin sorastusmurskeelta vaadittavaa vähimmäismäärää, 8 %-yksikköä, hienoainesta. Yhteensä kasanäytteitä otettiin 60 kappaletta 15 eri materiaalikasasta eikä yhdessäkään otetussa näytteessä ollut vaadittua 8 % hienoainesta. Tällöin on riskinä, että materiaali ei tiivisty soratien pintaan ja osa materiaalista lentää liikenteen vaikutuksesta ojiin. Tämän seurauksena sorastuskierto tihenee tarpeettomasti myös kohteissa, joissa ei ole havaittu pintakelirikkoo.

Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella vuodesta 2016 eteenpäin kilpailutukseen tulevissa alueurakoissa otetaan käyttöön kulutuskerrosmurskeen arvonlennusperusteet, jotka perustuvat murskeen hienoainespitoisuuteen. Vähemmän hienoainesta sisältäviä murskeita saa edelleen käyttää sorastuksiin, mutta tällöin urakoitsijan on sovittava asiasta aluevastaavan kanssa etukäteen ja osoitettava, että saavutettu lopputulos on vaatimustenmukainen. Käytännössä osoittaminen tapahtuu ottamalla ja tutkimalla riittävä määrä näytteitä.

Taulukko 38. Kulutuskerrosmateriaalien tulosten yhteenveto.

Materiaali	Näytteen-otto	Puutteet	Hienoaines-pitoisuus (%)	Puutteiden aiheut- tamien toimenpiteet
1A	Kasa	liian vähän hienoaainesta	6,5	-
1B	Kasa	liian vähän hienoaainesta	3,8	-
		ei dokumentteja		-
2A	Kasa	liian vähän hienoaainesta	5,0	-
		ei dokumentteja		-
2B	Kasa	liian vähän hienoaainesta	4,8	-
		ei dokumentteja		-
3A	Kasa	liian vähän hieno- ainesta	6,6	-
		materiaali liian puikkoista		-
3A	Rakenne	-	12,7	käyttö lopetettu, kun havaittu renkaiden puhkeamisia
4A	Kasa	liian vähän hienoaainesta	5,3	-
4B	Kasa	liian vähän hienoaainesta	3,8	käytetty kelirikko- murskeena
5A	Kasa	liian vähän hienoaainesta	5,1	-
5B	Kasa	liian vähän hienoaainesta	4,2	-
		ei dokumentteja		-
6A	Kasa	liian vähän hienoaainesta	4,6	-
		ei dokumentteja		-
6B	Kasa	liian vähän hienoaainesta	5,3	-
		ei dokumentteja		-
7A	Kasa	liian vähän hienoaainesta	6,5	-
7B	Kasa	liian vähän hienoaainesta	4,6	-
8A	Kasa	liian vähän hienoaainesta	5,3	käytetty kelirikko- murskeena
8B	Kasa	liian vähän hienoaainesta	4,9	käytetty kelirikko- murskeena
9A	Kasa	liian vähän hienoaainesta	6,7	-
9B	Rakenne	-	8,8	Materiaali ok
9C	Rakenne	liian hieno- rakeinen	6,3	-
9D	Rakenne	liian hieno- rakeinen	11,8	-

## 7.2 Kantavan kerroksen materiaalit

Taulukkoon 39 on koottu kantavan kerroksen materiaalien yhteenveto. Taulukosta nähdään, että materiaalien CE-merkinnöissä oli jonkin verran puutteita ja myös laadunlukuja ilmoitettuihin arvoihin verrattuna. Yllättävän monessa hankkeessa kantavan kerroksen materiaalien dokumenteissa oli virheitä ja puutteita. Tilaajan edustajan tulisi aina vaatia dokumentit ja tarkistaa, että kaikki vaaditut ominaisuudet on ilmoitettu suoritustasoilmoituksessa ennen kuin materiaalia tuodaan työmaalle.

Osassa hankkeita CE-merkintä ei ole ollut pakollinen, sillä materiaali on murskattu hankkeen sisällä. Näissä tapauksissa olisi syytä kiinnittää enemmän huomiota tuotannon laadunvalvontaan, murskattavaan kiviainekseen ja sen soveltuvuuteen eri rakennekerroksiin. Yhdessä tapauksessa projektipankista ei löytynyt mitään mainintaa tehdyistä iskunkestävyystesteistä ja tutkimuksen testien perusteella kiviaines ei täyttänyt iskunkestävyysvaatimuksia. Toki arvo oli sellainen, että tilaajan suostumuksella materiaalia voidaan käyttää kantavassa kerroksessa, mutta dokumenttien puuttuminen asettaa kyseenalaiseksi, onko tällaista arviointia tehty. Tällaisessa tapauksessa myös tilaajalla tulisi olla ymmärrys, millä perusteilla (esimerkiksi pieni raskaan liikenteen osuus) helpotuksia voidaan tehdä. Hankkeiden sisällä tehtävien murskausten laadunvarmistamiseksi kallion/kiviaineksen laatuun tulisi näiden tutkimustulosten valossa kiinnittää jatkossa enemmän huomiota.

*Taulukko 39. Kantavan kerroksen materiaalien tulosten yhteenveto.*

Materiaali	Näytteenotto	Puutteet	Havainnot
K1	Kasa	Iskunkestävyys	Ei testituloksia?
	Rakenne	Liian hienorakeinen	Hienontunut tiivistettäessä
		Iskunkestävyys	Ei testituloksia?
K2	Kasa	-	Materiaali ok
	Rakenne	Liian hienorakeinen	Käytetty tasausmursketta
K3	Kasa	Suoritustasoilmoitus virheellinen	LA-luokka virheellinen
	Rakenne	Suoritustasoilmoitus virheellinen	LA-luokka virheellinen
		Liian hienorakeinen	150 mm kerrospaksuudella liian hienorakeinen, kantavan alaosaan käytetty toista materiaalia?
K4	Kasa	Suoritustasoilmoitus puutteellinen	Ei testattu litteyslukua
	Rakenne	Suoritustasoilmoitus puutteellinen	Ei testattu litteyslukua
K5	Rakenne	Suoritustasoilmoitus puutteellinen	Ei testattu litteyslukua
		1 näytteessä liikaa hienoaainesta	
K6	Rakenne	Iskunkestävyys	Materiaali valmistettu tarkoituksella mahdollisimman lähelle LA <sub>30</sub>
		Ei suoritustasoilmoitusta	

Saatujen koetulosten perusteella kantavan kerroksen näytteenottomenetelmää on pyritty kehittämään. InfraRYLin päivityksen yhteydessä on ehdotettu muutettavaksi näytteenottosyvyyttä 100 millimetristä 150 millimetriin. Lisäksi otettavien näytteiden määrää on nostettu neljästä viiteen jokaista ajoratakilometriä kohden. Samalla muutettiin vaatimusta siten, että kaikki otetut näytteet on myös tutkittava. Maksimiraekooltaan suurten (yli 32 mm) murskeiden osalta on pyritty näytteenottomenetelmään, jossa vain yksi viidestä näytteestä olisi varsinainen rakeisuusnäyte, ja neljästä muusta määritettäisiin pelkästään hienoainespitoisuus. Menetelmän kehittämistä ja luotettavuuden arviointia jatketaan, jotta näytteenoton työläyttä voitaisiin vähentää.

## 7.3 Päälystekiviaineekset

Taulukossa 40 on esitetty päälystekiviainesten yhteenveto. Nyt tutkittujen hankkeiden osalta kävi ilmi, että urakoitsijoiden ja kiviainestoimittajien oma laadunvalvonta toimii, joissain hankkeissa oli tosin havaittavissa erilaisia epäselvyyksiä. Nyt havaittujen puutteiden osalta urakoitsijat ilmoittivat, ettei laatuvaatimukset alittaneita kiviaineeksiä ollut käytetty päälystemassoihin, mutta ilman massanäytteiden ottamista asiasta ei voida olla varmoja.

*Taulukko 40. Päälystekiviainesten yhteenveto.*

Materiaali	Näytteenotto	Puutteet	Havainnot
P1	Kasa	-	Materiaali ok
P2	Kasa	1 näyte liian hienorakeinen	Valmistaja ilmoittanut puutteesta heti näytteenoton jälkeen, onko kuitenkin käytetty?
P3	Kasa	Nastarengaskulutuskestävyys	Päälyste ilmoitettu tehtäväksi koostekiviaineeksesta, tehty lajitteista. 8/16 mm lajite kuitenkin sama kiviaines kuin testatussa materiaalissa.
P4	Kasa	Rakeisuus	Kyseessä lajite, poikkeama pieni, ei käytännön merkitystä
P5	Kasa	-	Väärä materiaali verrattuna haluttuun.

## 7.4 Radan alusrakennemateriaalien yhteenveto

Taulukossa 41 on esitetty radan alusrakennemateriaalien yhteenveto. Eristys- ja välikerrosmurskeen osalta kaksi seikkaa nousi tutkimuksessa selvästi esille. Valtaosassa otetuista näytteistä oli liikaa hienoainesta. Sallittu määrä on toki pieni, mutta toisaalta rakenteen tulisi kestää 100 vuotta, joten asiaan tulisi kiinnittää huomiota. Toisena seikkana esiin nousivat puutteelliset tai virheelliset suoritustasoilmoitukset. Tilaajan edustajan tulisi kiinnittää huomiota suoritustasoilmoituksissa ilmoitettuihin arvoihin etukäteen ja vaatia kaikkien vaadittujen ominaisuuksien testaamista ja ilmoittamista, jotta 100 käyttöikävaatimukseen päästään.

Luonnonmateriaalien osalta suoritustasoilmoituksia ei ollut lainkaan. Tilaajan edustajan tulisi vaatia rakennustuoteasetuksen mukaiset dokumentit kiviaineksen toimittajalta. Vaihtekohteessa havaittiin routivia materiaaleja suhteellisen lähellä alusrakenteen pintaa. Tällaisissa kohteissa kannattaisi tutkia olemassa oleva alusrakenne nykyistä tarkemmin etukäteen, jotta voidaan tehdä tarvittavia toimenpiteitä vaihteen vaihdon yhteydessä.

Taulukko 41. Radan alusrakennemateriaalien yhteenveto.

Materiaali	Näytteenotto	Puutteet	Havainnot
<b>Eristys- ja välikerrosmurskeet</b>			
A1	Kasa	Iskunkestävyys	yksi näyte luokkaa LA <sub>30</sub>
		Ei suoritustasoilmoitusta	
A2	Kasa	Liian hienorakeinen	1-3 mm kohdalla läpäisyn keskiarvo liian hienorakeinen
		Liikaa hienoaainesta	
		Suoritustasoilmoitus virheellinen	Vedenimeytyminen merkitty 0,9 %, kun vaatimus on < 0,5 %. Testitulosten perusteella ok.
B	Rakenne	Liikaa hienoaainesta	Kohteessa ollut esikuormitusperinger, hienoaainesta valunut veden mukana välikerroksen pintaan?
		Puutteellinen suoritus-tasoilmoitus	Ei ilmoitettu hiovan kulutuksen kestoa
C	Rakenne	Liikaa hienoaainesta	Rakeisuudessa suurta hajontaa, lajittunut käsittelyssä?
<b>Alusrakenteissa käytettävät luonnonmateriaalit</b>			
D	Rakenne	Ei suoritustasoilmoitusta	Testitulosten perusteella materiaali ok
E	Kasa	Ei suoritustasoilmoitusta	Materiaali saattaa olla murskattua, jolloin luonnonmateriaalin rakeisuus- aluetta ei saa käyttää soveltuvuuden arvioinnissa
F	Rakenne	Katso taulukko 37.	Osa testatuista näytteistä routivia

## Lähteet

Liikennevirasto 2014, Sorateiden kunnossapito. Liikenneviraston ohjeita 1/2014. Liikennevirasto, Helsinki 2014.

Päällystealan Neuvottelukunta 2011. Asfalttinormit 2011. Päällystealan neuvottelukunta, Helsinki 2011.

Rakennustieto 2010, InfraRYL 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1. Väylät ja alueet., Rakennustietosäätiö RTS, Helsinki.

SFS 2014, SFS-EN 1097-6. Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 6: Determination of particle density and water absorption.

SFS 2012 a, SFS-EN 933-1. Kiviainesten geometristen ominaisuuksien testaus. Osa 1: Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä.

SFS 2012 b, SFS-EN 933-3. Kiviainesten geometristen ominaisuuksien testaus. Osa 3: Raemuodon määrittäminen. Litteysluku.

SFS 2011, SFS-EN 1097-1. Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 1: Determination of resistance to wear (micro Deval).

SFS 2010, SFS-EN 1097-2. Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 2: Iskunkestävyyden määrittämismenetelmät.

SFS 2008, SFS-EN 13242 + A1. Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset.

SFS 2005, SFS-EN 1097-9 Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 9: Nastarengaskulutuskestävyyden määrittämismenetelmä: Pohjoismainen testi (kuulamyllymenetelmä).

SFS 1997, SFS-EN 932-1. Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Osa 1: Näytteenottomenetelmät.

Tielaitos 1995, Sorateiden hoito ja kunnostus. Tielaitos, Helsinki 1995.



ISSN-L 1798-6656  
ISSN 1798-6664  
ISBN 978-952-317-244-9  
[www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liik  
enne  
vira  
sto